ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 19 DÉCEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ivan Giaja**, Professeur à la Faculté des Sciences de Belgrade, Membre de l'Académie serbe des Sciences, et **Radivoj Kasanin**, Recteur de l'Université technique de Belgrade, Président de l'Institut mathématique de l'Académie serbe, qui assistent à la séance.

M. le **Président** signale à l'Académie que, en raison des fêtes de Noël et du Jour de l'An, il n'y aura pas de séance les lundis 24 et 31 décembre 1951.

En conséquence, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 janvier 1952.

M. **Émile Borel** rend compte de la Session de l'**Institut international de Statistique** où il représente l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Étude spectroscopique de la rotation de la couronne solaire.* Note de MM. **Bernard Lyot** et **Audouin Dollfus**.

La comparaison des longueurs d'onde des raies de la couronne aux bords Est et Ouest a été effectuée avec le coronographe du Pic du Midi et une dispersion de 4 Å : mm. La raie verte est partiellement superposée à une raie solaire. La raie rouge donne pour la rotation synodique de la basse couronne 26,8 jours, avec une erreur probable inférieure à 2 jours, principalement attribuable à des mouvements locaux qui ne dépassaient pas en moyenne 0,5 km : s.

La période de rotation de la basse couronne peut être déterminée en comparant les longueurs d'onde d'une même radiation coronale près des bords Est et Ouest du Soleil.

Campbell (¹) effectua cette comparaison avec la raie verte sur un spectre

---

(¹) *Aph. J.*, 1899, 10, p. 186.

obtenu pendant l'éclipse de 1898 avec une dispersion voisine de 10 Å : mm; il obtint une période synodique de 19 jours avec une précision qui ne pouvait pas dépasser 30 %.

A l'éclipse de 1914, Bosler (²) découvrit la raie rouge de la couronne, mesura son déplacement d'un bord à l'autre du Soleil avec une dispersion de 32 Å : mm et conclut à une période voisine de 17 jours, avec une précision d'environ 30 %.

Avec un spectre dont la dispersion variait de 8 à 19 Å : mm obtenu à l'éclipse de 1936, Tanaka, Koan et Kondô (³) trouvèrent, par la moyenne des mesures effectuées sur six raies peu intenses du bleu et du violet, une période synodique de 24 jours avec une erreur qu'ils estimaient à 4 %. Toutefois, la fente du spectrographe était radiale, toutes les mesures se rapportaient ainsi à deux mêmes régions peu étendues de la couronne, elles peuvent avoir été altérées par des mouvements locaux.

Le coronographe permet de faire de longues poses pour augmenter le nombre et l'échelle des clichés; il peut donc donner des résultats plus précis. En 1932, l'un de nous (⁴) a comparé, sur 36 spectres obtenus au Pic du Midi, avec 5 Å : mm, la longueur d'onde de la raie 5302,85 à celles des raies de Frauenhofer de la lumière diffusée, aux bords Est et Ouest; il trouva une valeur incertaine, de 49 jours environ. Deux phénomènes contribuaient à augmenter la période apparente : la raie d'absorption 5302,31 en partie superposée à la large raie coronale altère son profil plus profondément à l'Est qu'à l'Ouest lorsque ces deux côtés de la couronne ont même brillance. Les raies repères proviennent principalement des régions de la photosphère les plus voisines du point de la couronne observé lorsque la diffusion est produite par de grosses particules et elles sont légèrement déplacées dans le sens de la rotation.

En 1936 (⁵), deux séries de spectres montrant la raie verte plus intense ont donné des périodes de 23 et 31 jours.

En 1946, Waldmeier (⁶) a obtenu, avec la raie verte et par la même méthode, une rotation en 29 jours pour laquelle il indiquait une erreur de 20 %.

Étude de la précision. — La détermination de la position d'une raie spectrale équivaut à la comparaison photométrique de ses deux bords;

(²) *Comptes rendus*, **160**, 1915, p. 434.

(³) *Proc. Phys. Mat. Soc. Japan*, **19**, 1937, p. 693.

(⁴) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 443.

(⁵) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1327.

(⁶) *Astr. Mittel. Eidg. Sternw*, Zurich, n° **147**.

elle est donc limitée sur un cliché par la fluctuation de la granulation de l'émulsion.

Soit une raie photographiée avec un système de dispersion angulaire D, dont l'image de brillance moyenne R est superposée à un fond de brillance F. Soit L sa longueur, l sa largeur supposée assez grande pour que l'on puisse négliger la diffusion dans la gélatine, G la fluctuation relative de la granulation pour l'opacité moyenne de ses bords et Γ le contraste correspondant, l'erreur sur la longueur d'onde de cette raie est sensiblement proportionnelle à $(1/D)\left(G/\Gamma\sqrt{Ll}\right)\sqrt{1+(F/R)}$.

On peut augmenter la longueur focale de la chambre et par conséquent le facteur $\sqrt{Ll}$ proportionnellement à $\sqrt{St}$, S étant la sensibilité de l'émulsion et t le temps de pose; c'est pourquoi nous avons choisi une émulsion Agfa Rot-Hard dont le rendement photométrique $\Gamma\sqrt{S}/G$ est très élevé. L'image était donnée, dans le deuxième ordre, par un réseau de 570 traits par millimètre et 8 cm de longueur striée; elle était agrandie par une lentille divergente autant que le permettait le temps de pose eu égard aux déplacements de l'image sur la plaque. Ce temps de pose pouvait atteindre 1 h; la dispersion linéaire était portée sur la plaque à 4 Å : mm. La raie coronale avait pour largeur 250 μ, les raies de Frauenhofer 80 μ.

L'augmentation de la dispersion angulaire D, ou de la surface dispersive, permettrait d'accroître proportionnellement la largeur de la fente et, par suite, la luminosité.

Choix d'un repère de position. — Pour éviter d'utiliser les raies de Frauenhofer, nous avons comparé directement les positions des raies du bord Est à celles du bord Ouest à l'aide du dispositif suivant : un miroir incliné, ajouré en forme de grille, est interposé devant la fente du spectrographe; les barreaux ont même largeur que les intervalles. La lumière de l'un des bords solaires éclaire la fente à travers les intervalles; celle de l'autre bord, renvoyée par un prisme sur les barreaux réfléchissants, vient éclairer la fente entre les portions relatives à l'autre bord. Le prisme est orienté de manière que les pupilles des deux images coïncident sur le réseau; la traversée du prisme compense exactement la différence des trajets des deux faisceaux en assurant une même mise au point des deux images sur la fente.

Mesure des clichés. — Nous avons cherché une méthode de mesure qui permette d'atteindre la précision imposée par la nature granulaire de l'émulsion. Pour les raies larges de la couronne, le micromètre à fil donnait une précision quatre fois trop faible. Le stéréocomparateur dans lequel nous avons placé deux reproductions symétriques du cliché montre les deux bords à des distances différentes; la précision était encore deux fois trop faible. Par le procédé de Evershed, nous avons superposé la plaque

et son image négative symétrique, afin de réaliser la disparition de la raie successivement pour chacun des bords solaires; la précision, limitée par la sensibilité de l'œil, restait encore un peu insuffisante.

Nous avons préféré tracer les profils photométriques complets des raies avec le microphotomètre; l'axe de symétrie des profils est déterminé par le lieu des milieux d'un grand nombre de cordes, ou bien par la superposition de chaque profil avec son image symétrique donnée par un calque. Les différentes portions imbriquées des bords Est et Ouest du spectre étaient amenées devant la fente du microphotomètre par translation le long d'un miroir optiquement plan. Une combinaison convenable des clichés et des mesures éliminait les faibles erreurs que peuvent introduire la courbure des raies et la coïncidence non exacte des deux pupilles.

Mesure de la raie verte. — Trois clichés obtenus le 12 avril 1942 avec une fente passant à 1 mn du bord solaire ont fourni une durée de rotation synodique de 30 jours, déterminée avec une erreur qui peut encore dépasser 5 jours en raison de la présence de la raie 5302,31 Å. Les raies de Frauenhofer diffusées étaient affectées d'une rotation apparente six fois plus lente que celle du bord solaire.

Mesure de la raie rouge. — Cette radiation brille dans une région spectrale remarquablement dépourvue de raies d'absorption; son profil n'est aucunement altéré. Deux clichés du 24 juillet 1942 montrent 12 portions de raies, alternativement Est et Ouest, leur déplacement relatif atteint 17,2 μ. L'erreur attribuable à la granulation est, en moyenne, pour chacune des six déterminations, 1,3 μ. La dispersion des mesures, 2,6 μ, s'explique par les mouvements locaux de la couronne, qui apparaissent bien par l'observation stéréoscopique et la méthode de Evershed. Leur valeur moyenne est seulement 0,5 km : s environ. En raison de la longueur de la fente et du fait que la raie coronale est émise le long du rayon visuel à des altitudes différentes, la mesure correspond à une distance au bord solaire voisine de 1,5′. Si l'on suppose que la couronne tourne comme un corps solide, la durée de rotation synodique ramenée au bord solaire à l'équateur serait 26,8 jours, à rapprocher de la rotation de la photosphère qui est 27,25 jours. L'erreur probable est inférieure à 2 jours.

La théorie cinétique des gaz prévoit un ralentissement avec l'altitude que des mesures plus nombreuses, réduisant l'effet des mouvements locaux et des variations locales de la brillance de la couronne le long du rayon visuel, permettront de rechercher.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action de la lumière sur la solution chloroformique du trichlorure d'iridium tripyridiné*-1.2.6. (II). Note de M. **Marcel Delépine**.

On montre, notamment, que lors de cette action, l'eau favorise la production du trichlorure d'iridium aquo-dipyridiné 1.6 et l'acide chlorhydrique, celle de l'iridium dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine. Ces résultats s'interprètent en admettant qu'un monomère non saturé $IrPy_2Cl_3$ (avec Py_2 en 1.6), résultant de la perte de la pyridine en 2 dans le composé $IrPy_3Cl_3$ 1.2.6, fixe l'eau et l'acide chlorhydrique; la partie non utilisée se polymérise.

Dans une Note précédente ([1]) limitée à la caractérisation des produits résultant de l'action de la lumière sur les solutions chloroformiques de trichlorure d'iridium tripyridiné-1.2.6, on n'a pas effleuré l'interprétation des résultats. En se reportant aux multiples expériences d'illumination, soit au soleil, soit à la fenêtre du laboratoire, on s'est aperçu qu'avec le chloroforme ordinaire ou avec du chloroforme séché sur du chlorure de calcium, on récolte plus d'iridium-dipyridinotétrachlorure de pyridine $[IrPy_2Cl_4]$ PyH et moins de trichlorure d'iridium aquo-dipyridiné, $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$ qu'avec du chloroforme humide. Si l'on se sert de chloroforme sec saturé de gaz chlorhydrique, l'expérience ayant été faite un jour de vif soleil (juin 1951), la partie supérieure de la solution jaune se colore instantanément en rouge; par la suite, la couleur rouge se répand dans toute la masse; ce phénomène est dû à la formation d'une trace de chlore, le flacon contenant de l'air et du gaz chlorhydrique au-dessus de la solution; il se forme sans doute un peu de $Ir^{IV}Py_2Cl_4$ dont la coloration est intense, car le dépôt décompose légèrement la solution d'iodure de potassium. Ce détail mis à part, on indique ci-dessous les résultats de quelques-uns des essais effectués. Les pourcentages se rapportent au dépôt essoré du chloroforme, dépôt qui pèse de 80 à 90 % de la substance initiale. Les résultats diffèrent souvent d'une expérience à une autre tentée dans les mêmes conditions initiales; il ne faut pas s'en étonner puisque l'on n'est pas maître de l'insolation à venir; en outre, les analyses ne sont qu'approchées.

	Insoluble en NH_3 $(IrPy_2Cl_3)n$.	*Aquo* $Ir(OH_2)Py_2Cl_3$.	$(IrPy_2Cl_4)PyH$.	Illumination.
1. $CHCl_3$ humide	12	46	41	Fenêtre
2. » humide	17	65	peu	Soleil
3. » + eau liquide	16	70	10	»
4. » ordinaire	52	10	38	»
5. » ordinaire	63	25	9	Fenêtre
6. » sec + ClH (gaz)	14	21	65	»
7. » saturé de ClH (gaz)	13	19	68	Soleil

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1156.

Par chloroforme ordinaire, il faut entendre le produit commercial, vraisemblablement additionné d'une trace d'alcool. Dans l'expérience 5, on a dosé la pyridine libre et l'on en a trouvé près de 10 % par rapport à la matière initiale; dans l'expérience 3, on en a eu 12 % par rapport au dépôt obtenu. Ces valeurs sont bien en accord avec le fait qu'il y avait peu de sel de pyridine sous forme de dipyridinotétrachlorure (lequel fait disparaître la pyridine libérée).

On pourra s'étonner que dans les expériences exécutées avec le chloroforme seul, on trouve du dérivé *aquo*, mais si l'on considère qu'il a fallu 130 parties de chloroforme pour dissoudre une partie de tripyridiné initial et que le changement en *aquo* selon l'équation (A),

$$\text{(A)} \qquad \mathrm{Ir\,Py_3Cl_3 + OH_2 \;=\; Ir(OH_2)\,Py_2Cl_3 + Py}$$

ne nécessite que 0,04 g d'eau par gramme de tripyridiné, on voit qu'il aurait suffi de 0,03 g d'eau pour 100 g de chloroforme; on ne saurait garantir, à moins de précautions minutieuses concernant le chloroforme et les vases, que cette quantité ne s'est pas introduite. Comme d'ailleurs, avec le chloroforme non mouillé, il n'y a que 20 % environ qui se transforment en aquo, la proportion ci-dessus descend à 0,006 g; il faut compter aussi avec l'humidité de l'air qui se trouve au-dessus des solutions.

Quant à la formation de l'iridium dipyridinotétrachlorure de pyridine dans les expériences où l'on ne met pas d'acide chlorhydrique, elle exige la production de cet acide. Celui-ci provient de l'action de la lumière sur le chloroforme; Douglas G. Hill a montré que la vapeur de chloroforme traversée par la lumière ultraviolette se décomposait en acide chlorhydrique (sans chlore), et en produits organiques non déterminés ([2]). On aurait ainsi globalement la réaction :

$$\text{(B)} \qquad \mathrm{Ir\,Py_3Cl_3 + ClH \;=\; [Ir\,Py_2Cl_4]\,Py\,H.}$$

Quoi qu'il en soit, les résultats montrent que si, au lieu de laisser les réactions à leur cours naturel, avec du chloroforme sans plus, on ajoute de l'eau, la réaction (A) est favorisée; si l'on ajoute de l'acide chlorhydrique, c'est la réaction (B).

A ces expériences d'autres ont été ajoutées. Pour l'une, on a mis dans 200 g de solution chloroformique environ un gramme de chlorhydrate de pyridine, sel hygroscopique parfaitement soluble dans le chloroforme; après 7 jours de temps plutôt couvert (du 8 au 15 novembre 1951), la réaction était terminée. Le produit séparé était presque complètement soluble dans l'eau bouillante, c'est-à-dire qu'il s'était formé à peine de polymère (3 %). Le dépôt cristallisé dans l'eau, épuisé par l'alcool méthylique qui dissout aisément l'aquo et à peine le dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine a fourni 45 % d'aquo et 55 % du

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 39.

dernier sel. Ce qu'il a été intéressant de constater, c'est que le chloroforme distillé après enlèvement du dépôt contenait de la pyridine libre, comme l'exige la présence de l'aquo et d'un peu de polymère; on l'a prouvé qualitativement en distillant le chloroforme au bain-marie et en épuisant le distillat par l'acide chlorhydrique étendu et précipitant la solution par du dipyridino-1.6 tétrachlorure d'ammonium. Donc, si la décomposition du chloroforme par la lumière donne de l'acide chlorhydrique, elle n'en fournit pas assez pour saturer la pyridine provenant du passage $IrPy_3Cl_3$ à $IrPy_2Cl_3$. Dans cette expérience, une partie de la réaction se passe comme si $IrPy_2Cl_3$ fixait le chlorhydrate de pyridine.

Dans un autre essai, on a additionné 200 g d'une solution chloroformique de 4 cm³ d'alcool à 96° (ce qui représente 0,20 g d'eau environ). Comme Regnault a rapporté ([3]) que l'alcool empêche la décomposition du chloroforme, il ne devrait pas se former de dipyridinotétrachlorure; on en a trouvé 30 % du dépôt, à côté de près de 65 % de polymère insoluble dans l'ammoniaque, avec à peine d'aquo. Enfin, la formation d'acide chlorhydrique attribuée par Regnault à la présence de l'oxygène, suivant la réaction $CHCl_3 + 1/2\, O_2 = COCl_2 + ClH$, ne saurait être invoquée, car la décomposition a lieu dans un flacon retourné et rempli à 1/2 cm³ près, ainsi que dans une atmosphère d'hydrogène.

On peut se représenter les processus des réactions comme suit : la lumière provoque l'expulsion d'une molécule de pyridine sur trois, celle située en 2 dans le trichlorure d'iridium-tripyridiné 1.2.6 (IV). Il en résulte un radical $IrPy_2Cl_3$ susceptible de subir trois transformations :

$$IrPy_3Cl_3 - Py = IrPy_2Cl_3 \begin{cases} \rightarrow [IrPy_2Cl_3]_n & \text{Polymérisation} \\ + OH_2 \rightarrow Ir(OH_2)Py_2Cl_3 & \textit{Aquo} \\ + ClH \rightarrow [IrPy_2Cl_4]H & \text{Acide tétrachloré} \end{cases}$$

Comme il y a de la pyridine dans le milieu, l'acide s'y combine et conduit au sel de pyridine de (III). Quant au peu de $Cl[IrCl_2(OH_2)Py_3]$ formé, il résulterait de la fixation directe de l'eau sur $IrPy_3Cl_3$ (ou de la pyridine sur l'*aquo*).

Comme corrollaire de ces expériences, si l'on considère que les iridium dipyridino-1.2 tétrachlorures alcalins (noyau V) chauffés avec de la pyridine

([3]) *J. Pharm. Chim.*, (5), 10, 1884, p. 435.

se transforment surtout en trichlorure tripyridiné-1.2.6 (IV) à côté d'un peu de 1.2.3 (VI), on voit que la réaction photochimique permet de passer de la série *cis* (V) à la série *trans* (III) représentée par le trichlorure *aquo*-dipyridiné (l'eau étant en 2) et l'iridium dipyridino-1.6 tétrachlorure de pyridine.

Quant au produit insoluble $[IrPy_2Cl_3]_n$, sa structure doit correspondre aux types dans lesquels des atomes de chlore sont valenciels d'un côté et coordonnés de l'autre, se rattachant ainsi à plusieurs atomes centraux. Exemples, en se servant d'une notation primitive de Werner :

```
       Cl        Cl                 Cl
       |         |                  |   Cl—IrPy2Cl2
Py\    | /Cl\    | /Py        Py\   | /        \
    >Ir<      >Ir<                >Ir<          >Cl        ...
Py/    | \Cl/    | \Py        Py/   | \        /
       |         |                  |   Cl—IrPy2Cl2
       Cl        Cl                 Cl
```

PHYSIOLOGIE. — *Sur la répartition dans l'organisme de l'urée administrée par voie gastrique*. Note de MM. **Léon Binet, Pierre Tanret** et Mlle **Madeleine Marquis**.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré, qu'à l'état physiologique, l'urée n'est pas contenue à la même concentration dans l'eau des différents milieux de l'organisme; ces inégalités tendent à disparaître après une surcharge uréique d'origine endogène ou exogène. Ce dernier résultat, toutefois, n'est acquis qu'après un certain temps : les expériences suivantes en rendent compte. Elles ont porté sur des chiens dont les uretères ont été liés, et auxquels on administre au moyen d'une sonde œsophagienne une solution d'urée à 50 % à la dose de 10 g d'urée par kilogramme de poids corporel. Comme précédemment [1], l'urée a été dosée simultanément dans l'eau du plasma sanguin et celle de fragments tissulaires, prélevés par biopsie et, après la mort de l'animal, dans l'eau du foie, du tissu rénal, des substances grise et blanche du lobe pariétal, dans celle du bulbe rachidien.

Après l'ingestion d'urée, la concentration uréique du plasma est d'abord constamment plus élevée que celle des muscles. Alors que le rapport urée plasmatique/urée musculaire a, chez six chiens normaux, une valeur moyenne de 0,80 avec des valeurs extrêmes de 0,35 et 1,16, ce rapport passe chez les mêmes animaux, 30 mn après l'ingestion d'urée, à la valeur moyenne de 2, avec des valeurs extrêmes de 1,31 et 3,02; 3 h après l'ingestion à la valeur moyenne de 1,16 avec des valeurs extrêmes de 0,93 et 1,44; 5 h après l'ingestion, à la valeur moyenne de 1,06 avec des valeurs extrêmes de 1 et 1,17. Au moment de la mort, 5 à 8 h après l'ingestion, la valeur moyenne est de 1, avec des valeurs extrêmes de 0,87 et 1,17.

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1387.

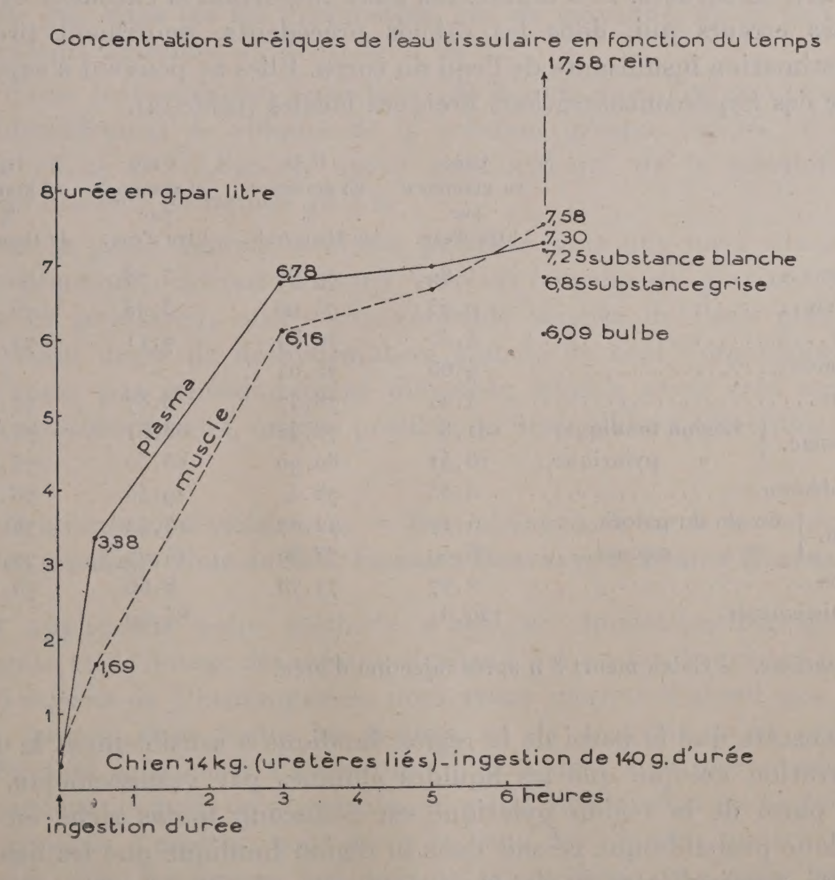
A ce moment, si l'on établit le rapport

$$\frac{\text{concentration uréique de l'eau du plasma}}{\text{concentration uréique de l'eau tissulaire}},$$

celui-ci donne, en moyenne pour le foie, 0,88; pour la substance grise, 1,07; pour la substance blanche, 1,07 et pour le bulbe rachidien, 1,19.

L'urée dans l'eau du tissu rénal a un taux de concentration très voisin de celui du plasma. Cette eau peut en contenir cependant davantage jusqu'à + 240 %, peut-être dans le cas où, en dépit de la ligature des uretères, la cessation de la formation d'urine n'a pas été immédiate; la figure 1 illustre un cas de ce genre.

Ainsi l'envahissement des solutions tissulaires par l'urée est progressif. Il suit d'abord avec retard celui du plasma, puis lorsque les concentrations tendent à s'égaliser, il persiste encore dans le détail de légères inégalités.



Ces inégalités sont, en général, assez discrètes, au moment de la mort, pour qu'on puisse essayer, sans grave erreur apparente, de calculer la quantité globale d'urée contenue dans l'organisme, en supposant que l'ensemble de l'eau du corps contient de l'urée à la même concentration

que celle du plasma. Il suffirait pour cela de connaître le volume d'eau contenue dans le corps à ce moment. Pour l'apprécier, on admettra qu'au début de l'expérience, le capital hydrique de l'animal représente 70 % de son poids et l'on en déduira les pertes pondérables subies pendant l'expérience, en les supposant porter uniquement sur de l'eau.

Le poids global d'urée ainsi calculé devrait se trouver sensiblement égal à celui de l'urée qui a été absorbée, c'est-à-dire à la différence entre le poids de l'urée qui a été administrée et le poids de l'urée contenue dans les vomissements et les liquides présents dans le tube digestif, recueillis lors d'une autopsie immédiate. Or, expérimentalement, le poids de l'urée absorbé est constamment plus élevé que le poids d'urée calculé d'après les estimations précédentes. Dans cinq expériences, les quantités d'urée calculées représentent respectivement 78, 74, 68, 48 et 40 % des quantités d'urée absorbées. Des différences aussi importantes excèdent évidemment les erreurs qui, dans les calculs précédents, pourraient provenir d'une estimation insuffisante de l'eau du corps. Elles ne peuvent s'expliquer que par des hyperconcentrations uréiques locales (tableau).

	Urée en grammes par litre d'eau.	H_2O en grammes % de tissu frais.	Urée en grammes par litre d'eau.	H_2O en grammes % de tissu frais.
Plasma	4,62	90,87	5,78	90,43
Muscle	2,75	74,09	3,73	75,99
Foie	4,30	72,89	7,11	72,52
Poumon	4,65	75,04	–	–
Reins	4,24	78,47	6,87	77,79
Estomac. Région fundique	131,3	76,42	63,61	75,36
Estomac. » pylorique	16,41	80,90	25,50	75,88
Duodénum	4,55	78,4	19,45	76,12
Iléon. 80 cm du pylore	4,17	72,07	15,42	78,04
Iléon. » cæcum	3,09	78,39	14,27	77,43
Colon	2,77	71,73	8,66	75,17
Vomissements	129,3	–	84,69	–

Observations. — Chien meurt 3 h après injection d'urée.

On constate que la paroi de la région fundique a sensiblement la même concentration uréique que les liquides éliminés par vomissements, alors que la paroi de la région pylorique est beaucoup moins riche en urée. Il est donc probable que ce soit dans la région fundique que les échanges aient été particulièrement intenses entre la solution d'urée ingérée et le sang.

Les hyperconcentrations uréiques du tractus digestif ont provoqué de graves perturbations dans la répartition de l'eau à travers les différents

secteurs de l'organisme. Dans ces expériences, l'ingestion d'urée est constamment suivie :

a. d'une augmentation du volume globulaire pour 100, déterminé par l'hématocrite qui, sur cinq expériences, est passé d'une valeur moyenne de 0,50 avec des valeurs extrêmes de 0,43 et 0,55, à une valeur moyenne de 0,67 avec des valeurs extrêmes de 0,56 et 0,86;

b. d'une polyglobulie, au cours de laquelle le chiffre globulaire peut passer de 6 à 9 millions par millimètre cube;

c. d'une augmentation du taux des protides plasmatiques de l'ordre de 20 % en moyenne;

d. d'une augmentation progressive de l'extrait sec du plasma qui, sur six expériences, est, en moyenne, de + 15 % avec des valeurs extrêmes de 0 et + 21 % et d'une augmentation progressive de l'extrait sec du muscle qui, dans ces six expériences, est, en moyenne, de + 14,3 % avec des valeurs extrêmes de + 10 et + 20 %;

e. d'une transsudation importante de liquide dans l'estomac qui excède considérablement le volume de la solution uréique ingérée. C'est ainsi qu'un chien de 13,800 kg, ayant reçu 276 cm^3 de la solution d'urée, a vomi 600 cm^3 de liquide en 3 h.

Tout se passe comme si l'urée, présente sous une forte concentration dans l'estomac, attirait d'abord vers cet organe de grandes quantités d'eau et produisait, outre une véritable saignée de l'eau plasmatique, un certain degré de déshydratation globale de tout l'organisme. L'urée en n'étant pas immédiatement diffusible, semble avoir créé des hyperconcentrations locales, origine possible de déséquilibres osmotiques graves.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Note additionnelle sur la teneur des graines en rubidium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

En appliquant notre méthode d'analyse chimicospectrographique de recherche et de dosage des métaux alcalins [1] à un lot de graines provenant de 46 espèces de Phanérogames, nous avons constaté d'abord que le rubidium, présent dans toutes les graines, ne s'y trouvait qu'en proportions notablement inférieures à celles des plantes dont elles provenaient; puis, en examinant le mode de répartition du métal alcalin selon les espèces et certains groupes d'espèces, nous avons reconnu des rapports quantitatifs aussi marqués entre les graines que nous en avions découverts entre les plantes mères. C'est ainsi qu'il y avait, en moyenne, moins de rubidium dans les

(1) *Mikrochemie vereinigt mit Mikrochimica Acta,* 36-37, 1951, p. 1004-1014.

graines de Graminées et davantage, au contraire, dans celles de Crucifères et de Papilionacées, que dans l'ensemble des graines de Phanérogames ([2]).

Au cours de cette étude de graines, qui n'était, en quelque sorte, qu'un travail de prospection dont nous ne pouvions être sûrs de tirer, en plus de certaines précisions quantitatives, que la preuve de l'existence générale du rubidium dans les organes de reproduction et de dispersion des Phanérogames, nous n'avions pas analysé de graines de la famille des Labiées.

Or, nous avions constaté antérieurement, par l'analyse d'un grand nombre de plantes entières, que les Labiées formaient parmi les Dicotylédones un groupe analogue à celui des Graminées parmi les Monocotylédones, c'est-à-dire un groupe dont la teneur moyenne en rubidium était nettement au-dessous de la moyenne générale ([3]).

Il devenait donc intéressant de s'assurer s'il en était de même dans le cas des graines. Pour être fixés sur ce point, nous avons rassemblé, soit par récolte directe, soit par recours à des collections qualifiées, un lot des graines en question. En outre, pour diminuer autant que possible l'importance de teneurs exceptionnelles, comme il s'en rencontre parfois, sur l'ensemble des relations envisagées entre l'organisation et la composition élémentaire quantitative, nous avons ajouté à notre nouveau lot une trentaine de graines venant de plantes autres que des Labiées.

Les résultats analytiques que nous apportons aujourd'hui doublent donc à peu près le nombre de ceux que nous avions déjà fait connaître. Les voici, présentés d'après la teneur croissante, exprimée en milligrammes de rubidium par kilogramme de graines séchées à $+110°$ (*voir* tableau I).

La moyenne de ces teneurs, qui vont de 2,1 à 30,8 mg, est exactement la la même : 9,36 mg au lieu de 9,35 mg, que nous avions trouvée pour les 46 espèces de graines analysées antérieurement.

Quant aux graines de Labiées, elles conduisent au chiffre moyen 5,67, très nettement inférieur, comme il était logique de le supposer, mais comme il fallait en avoir la preuve, de la teneur moyenne des graines de Phanérogames.

Enfin, tenant compte de l'ensemble des déterminations quantitatives de rubidium effectuées par nous sur les graines (92 échantillons provenant de 81 espèces), on arrive au tableau II récapitulatif suivant ci-contre.

La concordance entre ces teneurs d'ensemble et celles trouvées tout d'abord est aussi grande qu'il était possible de s'y attendre : les concentrations en métal alcalin sont très nettement plus fortes chez les Crucifères et les Papilionacées, plus faibles chez les Labiées et les Graminées que la concentration moyenne chez les Phanérogames. On peut même remarquer que la rencontre dans *Setaria*

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2065.
([3]) *Ibid.*, **230**, 1950, p. 598.

italica d'une teneur exceptionnellement élevée pour une Graminée, n'a pas suffi à masquer le caractère vraiment typique des faibles teneurs en rubidium de la famille à laquelle cette plante appartient ([1]).

TABLEAU I.

Nom des graines.	Rubidium (mg:kg de mat. sèche).	Nom des graines.	Rubidium (mg:kg de mat. sèche).
Sésame	2,1	Marrube	7,8
Germandrée petit chêne	2,2	Cévadille	8,0
Jacinthe des bois	2,3	Ballote noire	8,4
Giroflée jaune	2,5	*Leonurus cardiaca*	8,7
Grand Soleil	2,5	Pavot	9,1
Vigne (3 échantillons)	2,5	*Phalaris canariensis*	9,5
Ellébore fétide	2,7	Pois chiche	9,8
Nepeta cataria	2,8	Soja (à grains blancs)	10,7
Germandrée des bois (2 éch.)	3,5	*Lapsana communis*	11,9
Bétoine	3,5	Courge	14,6
Basilic	3,9	Sauge officinale	14,7
Mélisse officinale	4,4	Hysope	15,0
Sauge glutineuse	5,2	Lentille (d'Auvergne)	15,6
Astragalus Cicer	5,9	Plantain d'eau	15,9
Lavande officinale	6,0	Caméline	16,2
Luzerne lupuline	6,0	Guarana	17,7
Bouillon blanc	6,0	Belladone	17,8
Mil cultivé	6,4	Iris jaune	17,9
Trèfle incarnat	6,7	Cacaoyer	18,4
Alliaire	6,9	*Setaria italica*	23,1
Ortie puante	7,3	Gentiane jaune	30,8
Digitale pourpre	7,5		

TABLEAU II.

Groupes végétaux considérés.	Nombre d'échantillons analysés.	Nombre des espèces correspondant.	Teneur moyenne en rubidium par espèce (mg : kg. sec).
Crucifères	11	10	11,50
Papilionacées	16	15	10,00
Labiées	15	14	6,67
Graminées	13	13	5,75
Autres familles	37	35	11,17
Totalité des Phanérogames étudiées	92	87	9,40

([1]) On trouvera dans un Mémoire qui paraîtra prochainement sur ces recherches les détails qui n'ont pu avoir de place ici.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une équilénine synthétique dépourvue de noyau C.*
Note de MM. **Robert Courrier, Alain Horeau** et **Jean Jacques.**

On sait que l'acide bisdéhydrodoisynolique (I), dont l'activité œstrogène est notablement supérieure à celle des hormones naturelles ([1]), dérive de l'équilénine (II), par ouverture du cycle D. De même l'acide α.α-diméthyl β-éthyl allénolique (III) ([2]), peut théoriquement provenir de la cétone (IV) par rupture du cycle cyclopentanique. La préparation et les propriétés physiologiques de cette cétone (IV), encore inconnue jusqu'ici, font l'objet de la présente Note.

Il était en effet intéressant de comparer ces couples de composés possédant, deux à deux, les mêmes relations structurales afin de voir, par exemple, si l'ouverture du noyau C a, dans ces deux cas, le même retentissement sur le pouvoir œstrogène.

(II) (IV)

(I) (III)

Ces substances ont été essayées, suivant le test d'Allen et Doisy, sur la rate castrée. Dans tous les cas, les corps étudiés sont injectés en une seule fois, en solution huileuse de 1 cm^3. Les frottis vaginaux sont examinés pendant plusieurs jours : cette précaution est indispensable depuis qu'il a été montré que le rut peut apparaître plus ou moins tardivement suivant les œstrogènes ([3]).

Nos résultats peuvent être résumés dans le tableau suivant :

([1]) Miescher, *Helv. chim. Acta*, 27, 1944, p. 1727.

([2]) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224 1947, p. 1401.

([3]) Chedid, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 387.

Substances.	Doses injectées (mg).	Résultats positifs.
Equilénine	2	3/5
Cétone (IV)	0,5	0/5
	5	0/5 (début de réaction)
	10	3/5
	20	5/5
Éther méthylique de l'acide d. M. E. allenolique	0,001	0/13
	0,0015	5/8
	0,002	20/31
Éther méthylique de l'acide bisdéhydrodoisynolique	0,0005	2/9
	0,001	30/39

Ces résultats montrent que la cétone (IV) est approximativement quatre fois moins active que l'équilénine. Cependant cette comparaison ne serait rigoureuse que si, dans les deux séries, on avait examiné les corps racémiques; or, l'équilénine normale racémique est, comme on le sait, environ deux fois moins active que l'hormone naturelle que nous avons essayée. On peut donc dire que l'ouverture du noyau C a divisé approximativement par 2 l'activité œstrogène. Il est remarquable qu'il en soit de même pour le couple acide bisdéhydrodoisynolique — acide diméthyléthylallénolique : le rapport des activités est sensiblement du même ordre. Cette similitude, dans le cadre de nos recherches, sur les relations entre la structure chimique et l'activité œstrogène méritait, croyons-nous, d'être notée puisque, dans deux séries différentes, la suppression du noyau C et son remplacement par l'amorce d'un cycle potentiel, réduit de moitié le pouvoir hormonal.

CH_3O — —CO—CH_2—CH_2—COOR

(V *a*) R = C_2H_5
(V *b*) R = H

CH_3O — CO OCH_3 — CH_2—CH_2 — O—CO

(VI)

CH_3O — CO OCH_3 — CH_2—CH_2—CO OCH_3 — Br

(VII)

CH_3O — CO OR — CH—CH_2—COOR

(VIII) R = CH_3

L'α.α-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone (IV) a été obtenue par la suite de réactions suivantes :

Le β-(méthoxy-6 naphtoyl-2) propionate d'éthyle V*a* est condensé suivant Réformatzky avec le bromoisobutyrate de méthyle en présence de zinc et fournit la γ-(méthoxy-6 naphtyl-2) δ-méthyl δ-carbométhoxy γ-caprolactone (VI), F 119-120°; $C_{20}H_{22}O_5$ C % 70,1; H % 65 pour C % 70,5; H % 6,2. La saponification de cette lactone ne conduit pas au diacide alcool attendu, car il y a clivage quantitatif avec retour à l'acide β-(méthoxy-6 naphtoyl-2) propionique (V*b*) et formation d'acide isobutyrique.

Par barbotage de gaz bromhydrique sec dans une solution méthanolique de (VI), on obtient un dérivé bromé intermédiaire (VII), qui est traité par la pyridine sans être isolé. Une chromatographie sur alumine permet de récupérer la lactone inaltérée et le diester éthylénique (VIII) qui existe sous deux formes cristallines distinctes, fusibles respectivement à 69° (aiguilles) et à 81° (cristaux en hexagones) $C_{21}H_{24}O_5$ C % 71,2; H % 6,6 pour la première forme et C % 70,5; H % 6,8 pour la deuxième, théorie C % 70,8; H % 6,8. L'hydrogénation de ce diester par le platine de Vavon dans l'éther anhydre conduit à un diester saturé, saponifiable en un diacide saturé qui est cyclisé par l'anhydride acétique en α.α-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone F 159° $C_{18}H_{20}O_2$ C % 80,5, H % 7,5 pour C % 80,6, H % 7,5 (aiguilles plates qui se subliment facilement sous vide). La déméthylation de cet éther-phénolique par le chlorydrate de pyridine fournit la cétone-phénol cherchée (IV) ou α.α-diméthyl β-(hydroxy-6 naphtyl-2) cyclopentanone F 172° $C_{17}H_{18}O_2$ C % 79,7; H % 7,29 pour C % 80,3; H % 7,14.

M. Auguste Chevalier, actuellement en mission en Afrique du Nord, adresse à l'Académie la lettre suivante :

« Dans le domaine de la *Botanique appliquée et de l'Agronomie*, l'œuvre scientifique française au Maroc est considérable : elle comprend la domestication de l'Oum er Rebia et de l'Oued el Abid et de leurs affluents, la mise en valeur de vastes territoires dévastés par le déboisement suivi d'érosion et la lutte contre l'extension de l'aridité.

« La France, en pacifiant le Maroc à partir de 1912 et en établissant son unité, en créant la sécurité des hommes et des biens, en découvrant ou faisant naître une foule de ressources nouvelles qui ont permis à la population de doubler en nombre depuis trente ans, ne s'est pas arrêtée; elle poursuit, depuis la fin de la guerre 1939-1945, la mise en valeur du pays par des entreprises grandioses, conséquences de recherches scientifiques nombreuses poursuivies sans bruit par des spécialistes appartenant à toutes les branches dont s'occupe notre Compagnie et peu connues dans leur ensemble.

« Parcourant actuellement ce pays, j'ai visité déjà plusieurs provinces où sont réalisées, ou en voie de réalisation, des œuvres remarquables, j'ai tenu

à signaler ici celles qui touchent aux disciplines dont je m'occupe : agriculture, forêts, protection des sols et de la nature, introduction d'arbres étrangers et de cultures nouvelles.

« Il a fallu tout d'abord chercher à utiliser les forces hydrauliques et les ressources naturelles latentes du pays. Nos ingénieurs ont réalisé, ces temps derniers, dans cet ordre des travaux considérables que j'ai tenu à aller visiter car ce sont ces travaux qui conditionnent l'avenir du pays. Ce fut d'abord la découverte de gisements de phosphates qui sont parmi les plus riches du globe. L'agriculture du Maroc a tiré déjà des avantages sérieux dus à ce produit et à d'autres engrais importés. De nombreux colons français guidés par des savants et des agronomes de valeur, tels que Louis Gentil, C.-J. Pitard, René Maire, Ém. Miège, Emberger, etc., ont rivalisé de zèle et d'audace pour moderniser l'agriculture marocaine. Un nombre déjà élevé d'Arabes marocains, de Berbères, d'Israëlites les ont imités. La culture des Blés tendres et du Blé dur a pris une grande extension et les rendements qui étaient et sont encore chez les autochtones, qui pratiquent les méthodes traditionnelles arriérées, de 4 à 5 q : ha sont passés chez les européens et les autochtones évolués, certaines années à 14 et même à 18 q : ha. Des cultures nouvelles comme celles des Agrumes, des Oléagineux, du Maïs sélectionné, du Lin à graines ont pris une grande extension ; les Pommes de terre et les Tomates de primeur en avance d'un mois sur l'Algérie s'expédient aujourd'hui sur l'Europe. Les plantations d'Oliviers, naguère très négligées, prennent, à l'heure actuelle, une extension considérable et des horticulteurs des services officiels guident les indigènes ; des pépinières leur fournissent, au prix de revient, de jeunes plants greffés de bonnes variétés sélectionnées ; 1951 est une année d'abondance pour la production des olives et des oranges et cela encourage les Marocains à étendre ces plantations. Mais il existe aussi des années déficientes par suite des sécheresses qui surviennent périodiquement et qui entraînaient autrefois des famines meurtrières pour l'homme et pour le cheptel. Les troupeaux de moutons, tombés à moins de 5 millions en 1945 par suite de la sécheresse, vont bientôt s'élever à 10 millions de têtes. Aussi le développement de l'irrigation dans presque toute l'étendue du Maroc est une nécessité, non seulement sur les terres cultivées, mais aussi sur les terrains de parcours inoccupés.

« Géographes, géologues, botanistes, ingénieurs explorèrent d'abord le pays dans tous les sens. L'Atlas marocain se révéla bientôt comme le plus beau château d'eau de l'Afrique du Nord. Les torrents des montagnes s'en allaient à la plaine, puis à la mer sans être utilisés. A partir de 1930, commencèrent les premiers barrages et la création de canaux d'irrigation modernes, puis, peu après, débutèrent les grands travaux d'aménagement économique, les constructions hydroélectriques, les prospections agro-

pédologiques suivis de grands travaux pour la mise en valeur de terres abandonnées depuis des siècles.

« L'attention se porta particulièrement sur le Tadla, pays subdésertique, plat, situé au pied de l'Atlas et traversé par l'Oum er Rebia, le plus grand fleuve du Maroc. Dès 1938, l'eau provenant d'un premier barrage de déviation de Kasbah-Tadla sur ce fleuve permet de faire des essais sur quelques centaines d'hectares de la rive droite, dans le pays des Beni Amir qui vivaient en nomades pauvres sur les montagnes environnantes dévastées par l'érosion. Depuis 14 ans, se poursuit l'aménagement de cette plaine. Des résultats considérables sont déjà obtenus. On créa, dès 1941, l'Office d'irrigation des Beni Amir et des Beni Moussa, chargé des principaux travaux. Actuellement, l'irrigation se fait sur environ 20 000 ha. De nombreux nomades fixés l'habitent. Les terres, devenues fertiles, sont consacrées à la culture des céréales, des plantes fourragères, des légumineuses d'hiver, du coton, des oléagineux, ainsi qu'à l'élevage et au reboisement. Actuellement, plus de 400 000 arbres fruitiers, surtout des Oliviers, des Abricotiers, des Mûriers, des Figuiers, des Amandiers, des Grenadiers sont plantés et une partie sont déjà en rapport. Nous venons de les voir à l'automne en parfait état, bien que le sol soit un peu alcalin (les Orangers n'y viennent pas). 1 000 ha sont consacrés au maraîchage et aux pépinières pour les arbres fruitiers et pour les arbres de reboisement. Plusieurs espèces d'Eucalyptus, de Mimosas, de Filaos, de Conifères se sont déjà acclimatées et des rideaux d'arbres en pleine végétation protègent les cultures contre les vents. Il reste environ 70 000 ha à mettre en valeur et à coloniser par des Marocains, ce qui se fera très vite. Sur la rive gauche, presque tout est encore à faire chez les Beni-Moussa. On y arrivera grâce à l'équipement de l'Oued-el-Abid, affluent de l'Oum er Rebia. Nous venons de visiter les gorges de l'Oued situées dans l'Atlas à 1500 ou 1800 m d'altitude et le barrage de Bin el Ouidane où travaillent actuellement plus de 600 ingénieurs, techniciens et ouvriers spécialisés. Ce sera un des plus grands ouvrages du globe. Il sera long de 240 m à la crête, épais de 22 m à la base et haut de 115 m. Sa retenue sera de 1400 millions de mètres cubes (26 fois plus que le lac-réservoir de Génissiat sur le Rhône). Il alimentera une usine hydroélectrique située au pied du barrage et qui pourra produire 160 millions de kw-heure par an fournissant de la force motrice, non seulement au Maroc, mais aussi à l'Algérie.

« En aval de Bin el Ouidane, le barrage de prise dérivera dans une galerie souterraine longue de 11 km, percée dans la montagne et amenant les eaux de l'oued qui, après une dénivellation de 225 m, alimenteront l'usine d'Afourer qui donnera 300 millions de kw-heures et seront ensuite employées à l'irrigation de 90 000 ha de terres, spécialement chez les Beni-Moussa. Quant à la force hydroélectrique utilisée, non seulement dans

les villes et les centres industriels, elle servira aussi dans les campagnes à tous usages et spécialement pour l'élévation des eaux afin d'irriguer partout où c'est nécessaire pour moderniser l'agriculture et lutter contre l'aridité. Pour y coopérer, partout aussi s'installent des rideaux d'arbres exotiques, surtout des Eucalyptus, des Cyprès, des Peupliers. Il en existe déjà des dizaines de milliers de kilomètres le long des routes et dans les grands domaines agricoles. Des centaines de milliers d'hectares de forêts dévastées ou de terrains de parcours dépouillés de végétation sont mis en réserve et replantés par endroits en essences diverses. Il existe déjà, dans le Gharb, une belle forêt d'Eucalyptus d'environ 4 000 ha et qui doit être portée à 50 000 ha. Dans d'autres régions, on lutte contre la dégradation des sols et des essais sont faits pour améliorer les pâturages qui, avant notre arrivée, étaient partout en décadence et entraînaient une mortalité désastreuse sur les troupeaux. Tel est le bilan de quelques dizaines d'années de recherches scientifiques poursuivies par la France au Maroc qui ont complètement transformé ce pays où il reste pourtant encore beaucoup à faire et où la population s'accroît rapidement et sera probablement de l'ordre de 40 millions d'habitants vers l'an 1980. »

M. le **Secrétaire perpétuel** signale à l'Académie le don fait à ses Archives par M. Jacques L'Hermitte d'une collection de lettres adressées à **Jules Houël** par divers Savants dont plusieurs appartenaient à l'Académie.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage à l'Académie de deux registres contenant des pièces manuscrites concernant les premiers **Congrès de physique Solvay**.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 228 (janvier-juin 1949) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé : *La théorie des particules de spin* 1/2 (*Électrons de Dirac*) et dépose sur le Bureau 1° l'*Almanach des Sciences* 1952, publié sous la direction de M. René Sudre, avec la collaboration de 30 Membres de l'Institut, professeurs et savants, dont lui-même; 2° l'*Annuaire pour l'an* 1952 *publié par le Bureau des Longitudes*.

M. **Louis Hackspill** présente à l'Académie un Ouvrage publié dans la Collection « Euclide » dont il dirige la Section de Chimie et qui constitue le tome III de la *Chimie Physique*, de Guy Emschwiller. Ce volume traite de la

Cinétique chimique et de la Structure des molécules. Il comporte une Table alphabétique des matières qui se rapporte à l'ensemble des trois volumes de l'Ouvrage.

M. **Charles Dufraisse** présente un Ouvrage intitulé : *Éléments de science et de technologie du caoutchouc*, publié sous la direction de M. Jean Le Bras, et dont il a écrit la *Préface*.

MM. **Maurice Gignoux** et **Léon Moret** adressent à l'Académie la deuxième édition entièrement refondue de leur Ouvrage intitulé : *Géologie dauphinoise. Initiation à la Géologie par l'étude des environs de Grenoble*.

M. **René Souèges** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier dans la Collection des « Actualités scientifiques et industrielles » et qui a pour titre : *Embryogénie et Classification*. Quatrième fascicule : *Essai d'un système embryogénique* (*Partie spéciale : Deuxième période du système*).

M. **Émile Guyénot** adresse à l'Académie les Ouvrages suivants : *L'Hérédité*, 4e édition ; *La Variation*, 2e édition ; *L'Origine des espèces*.

DESIGNATIONS.

M. **André Mayer** est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à l'Université de Liége, en janvier 1952, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de **Léon Frédéricq**.

M. **Robert Courrier** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes qui marqueront le Centième anniversaire de la fondation de l'**Université Laval**, à Québec, du 19 au 22 septembre 1952.

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Californie** annonce la création, au Collège d'Agriculture, de la **Theodore Kearney Foundation of Soil Science**.

Le **Conseil des Recherches d'Israël** annonce la préparation, en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, d'un *Symposium on Desert Research*, qui se tiendra à Jérusalem en mai 1952.

Le Comité d'Organisation invite l'Académie à se faire représenter au VIII[e] Congrès international de Mécanique théorique et appliquée qui se tiendra à l'Université d'Istanbul, du 20 au 28 août 1952.

MM. Paul Ancel, Claude Aron, Max Aron, Pierre Boischot, André Bouzy, Gustave Choquet, Jean Courtois, Thierry Crouslé, Jean-François Denisse, Daniel Dugué, Jean Dupont, Pierre Durand-Rival, Jean Favard, Georges Fleury, Raymond de Fleury, Fernand Fournier, Louis Gallien, Bernard Gèze, Édouard-Jean Gilbert, René Grangaud, Robert Hoffstetter, Raoul Husson, Marcel Ichac, Max-Fernand Jayle, Joseph Kampé de Fériet, Albert Kirrmann, Robert Kouchelevitz, Alexandre Koyré, Henri Lacombe, Guy Lazorthes, Pierre Lejay, Édouard Lemétayer, Jacques Lesourne, Émile Miège, Léopold Nègre, Jules Offner, Paul Portier, Maurice Roseau, Pierre Rouard, Georges Roux, Raymond Schnell, Roger Servant, Joseph Sivadjian, Pierre Sizaire, Maximilien Sorre, Pierre Tauzin adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. le Directeur de l'Almanach des sciences, Maurice Fontaine, le Général Commandant l'Ecole polytechnique, le Président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité de Chimie industrielle,* par Paul Baud. Tomes I, II et III. Quatrième édition revue et complétée.

2° *Les tubes électroniques à commande par modulation de vitesse,* par Robert Warnecke et P. Guénard. Préface de M. Ponte.

3° *La Quinidine dans les troubles cardiaques,* par Harry Gold.

4° *Pratique du Laboratoire,* par Charles Jaulmes, A. Jude et Jean Quérangal des Essarts.

5° Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences, n° 6. *Actes du VI[e] Congrès international d'Histoire des sciences.* Amsterdam, 14-21 août 1950. Volume I.

6° Gerhard Kropp. *Lalouvères Quadratura circuli. Eine Studie zur Geschichte der Integralrechnung.*

7° National physical Laboratory (London). *Notes on Applied Science,* n° 1.

Units and standards of measurement employed at the National physical Laboratory. I.

8° J. LEANDRI. *Sur quelques traits de la végétation des plateaux calcaires dans l'Ouest de Madagascar.*

9° M. H. HUGONIOT. I. *Mémoire sur la propagation du mouvement dans un fluide indéfini.* II. *Sur la propagation du mouvement dans les corps et spécialement dans les gaz parfaits* (Mémoires publiés en 1887, 88, 89, réédités par le Mémorial de l'Artillerie française).

10° Alliance française. Assemblée générale, 21 octobre 1951. *Allocution du Président. Rapport du Secrétaire général sur la situation d'ensemble. Années* 1950-51.

11° B. V. KOUKARKIN et P. P. PARENAGO. *Tretie dopolienie k pervomou izdaniou obchego kataloga peremennik zvezd* (Troisième supplément à la première édition du Catalogue international d'étoiles variables).

12° Service géologique du Maroc. *Carte géologique provisoire des environs de Casablanca. Notice explicative,* par G. LECOINTRE et M. GIGOUT, et *Carte,* par les mêmes. — *Carte géologique d'exploration du Territoire autonome de Tadla,* par JACQUES BOURCART.

13° Sveriges geologiska Undersökning. *Beskrivning till Kartbladet gränna,* av PER GEIJER, BENGT COLLINI, H. MUNTHE OCH R. SANDEGREN, avec une *Carte.*

ALGÈBRE. — *Dérivation des algèbres commutatives.*

Note (*) de M. **GEORGES GLAESER**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

$\mathfrak{A}$ est une algèbre commutative sur un corps K (caractéristique $\neq 2$). On se propose de déterminer tous les couples de *formes linéaires*, u et D (définies sur $\mathfrak{A}$, à valeurs dans K) et satisfaisant à l'identité

$$D(fg) = u(f)D(g) + u(g)D(f), \tag{1}$$

où f, g et h appartiennent à $\mathfrak{A}$.

I. L'associativité de l'algèbre $\mathfrak{A}$ entraîne (quel que soit $\lambda \in K$) l'identité

$$\{u(fg) - u(f)u(g) - \lambda D(f)D(g)\}D(h) \equiv \{u(gh) - u(g)u(h) - \lambda D(g)D(h)\}D(f).$$

On peut alors déterminer un $\lambda_0 \in K$ (ne dépendant que des formes u et D) tel que

$$u(fg) \equiv u(f)u(g) + \lambda_0 D(f)D(g).$$

a. Lorsque λ_0 *est un carré parfait non nul* du corps $\lambda_0 = \mu^2$, on remarque que $u + \mu D$ et $u - \mu D$ sont des *caractères* de l'algèbre. En notant un tel carac-

(*) Séance du 3 décembre 1951.

tère $f \rightarrow f(a)$ on peut exprimer les deux formes u et D cherchées par des formules « eulériennes »

$$u(f) = \frac{f(a)+f(b)}{2}, \qquad D(f) = \frac{f(a)-f(b)}{2\mu}.$$

b. Mais lorsque λ_0 n'est pas un carré parfait non nul, on construira une *extension quadratique* du corps K [1]; cette extension, est suivant les cas, un surcorps ou une algèbre de nombre *duaux* ($\mu^2 = 0$).

Les formes $u + \mu D$ et $u - \mu D$ sont des *homomorphismes conjugués* de $\mathcal{A}$ dans l'extension quadratique ou *caractères généralisés*.

2. *Interprétation géométrique.* — Appelons $\mathcal{D}$ l'hyperplan de $\mathcal{A}$ défini par $D(f) = 0$: c'est une sous-algèbre.

L'« hyperquadrique » d'équation $D(f^2) = 0$ dégénère en deux hyperplans $\mathcal{D}$ et $\mathcal{U}$ (éventuellement confondus). $\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est un idéal. Le quotient $\mathcal{A}/\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est l'extension quadratique $K(\mu)$ (ou éventuellement le produit direct $K \times K$).

Comme toute sous-algèbre $\mathcal{D}$ de codimension 1 permet de définir une « dérivation » D, on a démontré la proposition suivante :

PROPOSITION. — *Toute sous-algèbre $\mathcal{D}$ de codimension 1, qui n'est pas un idéal, contient un idéal de codimension 2.*

Le tableau suivant résume cette étude.

λ indéterminé	Dérivation nulle $D(f) \equiv 0$.	$\mathcal{D} = \mathcal{A}$
$\lambda = 0$	Dérivée classique [obtenue à l'aide de deux développements limités conjugués (nombres duaux)]; u est un caractère	$\mathcal{U}$ est un idéal
$\lambda \neq 0$, $\lambda = \mu^2$, $\mu \in K$......	Différence ordinaire (u, demi-somme) de deux caractères	Il existe deux idéaux maximaux de codimension 1 dont l'intersection est $\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$
	Cas particulier (1 caractère nul) : $u(f) = \frac{f(a)}{2}$, $D(f) = \frac{f(a)}{2\mu}$	$\mathcal{D}$ et $\mathcal{U}$ sont confondus en un idéal de $\mathcal{A}$
λ n'est pas un carré parfait...	$u = \frac{f(a)+f(\bar{a})}{2}$, $D = \frac{f(a)-f(\bar{a})}{2\mu}$	$\mathcal{D} \cap \mathcal{U}$ est un idéal maximal de codimension 2

Exemples. — 1° Le corps C considéré comme algèbre sur R ne possède qu'une dérivation non nulle

$$u(z) = \mathcal{R}(z), \qquad D(z) = \mathcal{I}(z).$$

---

[1] *Cf.* N. BOURBAKI, *Algèbre*, chap. II, p. 107.

2° Sur l'algèbre de composition $L_1(T)$ des fonctions sommables périodiques, les applications D et u, où $D(f) = b_n$ et $u(f) = a_n$, (a_n et b_n sont les coefficients de Fourier de f) définissent des dérivations sur R.

La formule (1) est alors à rapprocher des formules d'addition des fonctions trigonométriques.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur les espaces précompacts.*

Note de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Paul Montel.

M. R. Doss a récemment obtenu le résultat suivant [1] :

Un espace à structure uniforme ne possède que des structures précompactes si et seulement si toutes ses images numériques continues sont compactes.

Nous appelons de tels espaces des espaces précompacts.

J'ai montré que, E étant un espace complètement régulier, les propositions suivantes étaient équivalentes :

1° E n'a que des structures précompactes.

2° Toute image numérique continue de E est bornée.

3° Toute image métrique continue de E est compacte.

4° De tout recouvrement ouvert dénombrable de E, on peut extraire un nombre fini d'ouverts dont la réunion des adhérences contient E.

5° Tout filtre à base dénombrable ouverte a un point adhérent.

Ces espaces sont tels que, si a est un point d'un complété de E et n'appartenant pas à E, toute famille dénombrable de voisinages de a a une intersection non vide avec E.

Tout espace précompact et normal (métrique) est semi-compact (compact).

Si un espace complètement régulier possède un nombre de structures précompactes inférieur à $2^{2^{\aleph_0}}$, il est précompact [2].

Définition. — Une structure uniforme sera dite complète, si elle rend l'espace E complet.

Un espace E, possédant une structure complète, est compact si et seulement s'il est précompact.

Si l'espace complètement régulier E est tel que :

---

[1] *Annals of Math.*, 1949 et *American Journal of Math.*, 1948, p. 19-23.

[2] Généralisation d'un résultat de Cěch-Prospisil (*Ann. of Math.*, 1937. p. 833-846); si un espace normal n'est pas semi-compact, il a au moins $2^{2^{\aleph_0}}$ structures uniformes distinctes. On savait déjà que le mot normal était indispensable dans l'énoncé : Hing-Tong, *Ann. of Math.*, 1949, p. 154-157. R. Doss (même référence) énonce le même résultat pour un espace n'ayant qu'une structure précompacte.

1° tout recouvrement ouvert possède un recouvrement subordonné ponctuellement fini ([3]);

2° sa structure universelle admet comme entourage tout voisinage de la diagonale $E \times E$;

il possède une structure complète (cas des espaces paracompacts) ([3]), ce qui généralise un résultat de J. Dieudonné ([3]).

Nous avons une généralisation des espaces compacts :

Dans un espace précompact toute adhérence d'un ouvert est précompacte. Une réunion finie d'ensembles précompacts est précompacte.

Sur un espace précompact, toute suite monotone de fonctions continues, convergeant vers une fonction continue, converge uniformément.

Un espace paracompact et précompact est compact.

Un espace complètement régulier sera dit localement précompact, si chacun de ses points possède un voisinage précompact. Il sera dit uniformément localement précompact, s'il existe un entourage de la diagonale, soit U, tel que tous les voisinages $U(a)$, $a \in E$, soient précompacts.

Étant donné un ensemble précompact, dans un espace uniformément localement précompact, il existe une fonction à valeurs numériques comprises entre 0 et 1, continue, égale à 1 sur l'ensemble et à support précompact ([4]).

Alors, dans un tel espace, l'espace vectoriel $\mathcal{E}$ des fonctions numériques à support précompact vérifie les propriétés suivantes :

1° Il est réticulé;

2° avec f, $\inf(f, 1)$ appartient à $\mathcal{E}$;

3° si $I(f)$ est une fonctionnelle linéaire positive sur $\mathcal{E}$, si la suite monotone $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$ tend vers f appartenant à $\mathcal{E}$, la suite $I(f_n)$ tend vers $I(f)$.

On peut développer dans ces espaces une théorie de l'intégration analogue à celle des espaces localement compacts : le rôle joué dans cette dernière théorie par les fonctions semi-continues est tenu, ici par les fonctions respectivement bornes supérieures et inférieures de familles dénombrables de fonctions continues.

Les groupes localement précompacts étant uniformément localement précompacts, nous verrons dans une prochaine Note comment on peut définir, sur ces groupes, une mesure de Haar et aussi comment on peut développer une théorie de l'intégration dans les espaces localement précompacts sans uniformité.

([3]) J. Dieudonné, *J. Math., p. et appl.* V. 23, 1944, p. 65-66 : J. Dieudonné énonce que tout espace métrique a une structure complète et l'on sait que tout espace métrique est paracompact.

([4]) Le support d'une fonction numérique est l'adhérence de l'ensemble des points où elle est différente de zéro.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Dirichlet pour les équations aux dérivées partielles elliptiques linéaires dans des domaines bornés.* Note de M. **Lars Gårding**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit D un domaine ouvert borné dans l'espace réel à n dimensions et soit H l'ensemble des fonctions f complexes indéfiniment dérivables dans D, nulles en dehors de compacts dans D. Soit $m > 0$ un entier fixe. Complétons H en un espace de Hilbert $\mathcal{H}$ par rapport à la forme quadratique

$$[f, f] = \int_D \sum_{l=0}^{m} \sum_{k_1, \ldots = 1}^{n} |f_{k_1 \ldots k_l}(x)|^2 \, dx, \qquad \text{où} \quad f_{k_1 \ldots k_l}(x) = \frac{\partial^l f(x)}{\partial x_{k_1} \ldots \partial x_{k_l}}.$$

Alors les éléments de $\mathcal{H}$ sont des fonctions de carré sommable dans D, les dérivées d'ordre $< m$ s'annulant dans un certain sens à la frontière de D.

Pour chaque point $x \in D$ nous supposons donné un polynome $p(x, \xi)$ du degré $2m$ des variables réelles $\xi_1, \ldots, \xi_n$ qui est réel, homogène et défini positif, plus précisément tel que $\inf_{|\xi|=1} p(x, \xi)$ ait une borne inférieure positive dans D, ($|\xi| = \max_k |\xi_k|$). Nous écrivons $p(x, \xi)$ sous la forme

$$\sum p_{k_1 \ldots k_{2m}}(x) \, \xi_{k_1} \ldots \xi_{k_{2m}}$$

où les coefficients sont symétriques par rapport à tous leurs indices. En outre nous supposons que les coefficients sont des fonctions uniformément continues et indéfiniment dérivables dans D. Posons par définition

$$p(f, f') = \int_D p_{k_1 \ldots k_m l_1 \ldots l_m}(x) \, f_{k_1 \ldots k_m}(x) \, \overline{f'_{l_1 \ldots l_m}(x)} \, dx,$$

$$(f, f') = \int_D f(x) \, \overline{f'(x)} \, dx,$$

$$p_t(f, f') = p(f, f') + t(f, f'),$$

où t est réel. Par des intégrations par parties on obtient

$$p_t(f, f') = (f, p_t f') = (p_t f, f') \qquad \text{où} \quad f, f' \in H$$

et

$$p_t f(x) = (-1)^m \sum (p_{k_1 \ldots k_m l_1 \ldots l_m}(x) \, f_{l_1 \ldots l_m}(x))_{k_1 \ldots k_m} + t f(x).$$

On peut démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Il existe un nombre t_0 tel que pour tout $t > t_0$, $(p_t(f, f))^{1/2}$ constitue une norme équivalente à $[f, f]^{1/2}$ dans $\mathcal{H}$* (1).

Dans D nous pouvons énoncer le problème de Dirichlet pour l'opérateur

(1) Si les coefficients de p sont constants (Garding, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1030) et dans bien d'autres cas les deux normes sont équivalentes pour $t > 0$.

différentiel p_t, où $t > t_0$, de la manière suivante : étant donné une fonction g telle que $|g, g| < \infty$, trouver une fonction u indéfiniment dérivable telle que $p_t u = 0$ dans D et $g - u \in \mathcal{H}$. Pour résoudre ce problème ([2]) nous considérons $p_t(g, f)$ où $f \in \mathcal{H}$. En vertu du théorème c'est une fonction antilinéaire continue de f et par conséquent on peut trouver un élément g' de $\mathcal{H}$ tel que

$$p_t(g, f) - p_t(g', f) = p_t(g - g', f) = 0$$

pour tout $f \in \mathcal{H}$. Mais si $f \in$ H il est facile de voir que

$$p_t(g - g', f) = (g - g', p_t f).$$

D'un théorème de L. Schwartz ([3]) et d'une construction d'une solution élémentaire de F. John ([4]), il suit que $u = g - g'$ est indéfiniment dérivable (après une correction sur un ensemble de mesure nulle) et par conséquent on a $p_t u = 0$ dant D.

Soit maintenant r un opérateur différentiel linéaire d'ordre $< 2m$ à coefficients indéfiniment dérivables dans D. Si les dérivées d'ordre $< m$ de ces coefficients sont aussi bornées dans D on peut résoudre le problème de Dirichlet dans D, énoncé comme plus haut, mais pour l'équation elliptique générale $qu = p_0 u + ru = h$ où h est indéfiniment dérivable et de carré sommable. En effet, soit t fixe $> t_0$ et posons par définition

$$r_{-t}(f, f') = ((r - t)f, f') = (f, (\tilde{r} - t)f')$$

où $f, f' \in$ H et $\tilde{r}$ est l'adjoint de r. On peut démontrer que $r_{-t}(f, f')$ est une fonction continue du couple f, f' dans $\mathcal{H} \times \mathcal{H}$ et que $r_{-t}(f, f') = p_t(\mathrm{R}f, f')$, $(f, f', \mathrm{R}f \in \mathcal{H})$, définit une transformation linéaire complètement continue R. En vertu des théorèmes cités de Schwartz et de John, le problème de Dirichlet serait alors résolu si l'on pouvait trouver un élément g' de $\mathcal{H}$ tel que

$$q(g, f) = q(g', f) + (h, f)$$

pour tout $f \in$ H, où $q(g, f) = p(g, f) + r(g, f)$. D'abord il est clair qu'on peut trouver un $\tilde{g} \in \mathcal{H}$ tel que $q(g, f) - (h, f) = p_t(\tilde{g}, f)$, $(f \in \mathcal{H})$, et comme $q(g', f) = p_t(g', f) + r_{-t}(g', f) = p_t(g' + \mathrm{R}g', f)$ on obtient l'équation

$$\tilde{g} = g' + \mathrm{R}g'$$

pour laquelle les théorèmes de Fredholm sont valables. En particulier, si

---

([2]) Nous suivons une variante de la méthode de projection orthogonale de Zaremba et de H. Weyl (WEYL, *Duke J.*, 7, 1940, p. 411-444) signalée par M. Vishik (*Mat. Sb.* N. S. 25, n° 2, 1949, p. 189-234). Le cas spécial où les coefficients de p sont constants a été traité par l'auteur (*loc. cit.*) par la même méthode.

([3]) *Théorie des distributions* I, Paris, 1950, p. 136.

([4]) *Proc. of the symposium on spectral theory and différential problems*, Stillwater Okl., 1951. Voir aussi *Comm. on pure and Applied Math.* III, 1950.

l'équation $f + Rf = 0$ ($f \in \mathcal{H}$) a pour seule solution $f = 0$, le problème de Dirichlet a une solution unique pour g et h arbitraires. Il est facile d'étendre la théorie au cas ([5]) où l'on ajoute à r un opérateur différentiel ip', où p' satisfait aux mêmes conditions que p sauf à celle d'être positif. Il faut seulement remplacer R par $R + iA$ où A est une transformation linéaire bornée et hermitienne définie par $p'(f, f) = p_t(Af, f)$, $(f, Af \in \mathcal{H})$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une notion de produit tensoriel topologique d'espaces vectoriels topologiques, et une classe remarquable d'espaces vectoriels liée à cette notion.* Note (*) de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La théorie dont nous énumérons ci-après quelques résultats, a été inspirée par la théorie des noyaux-distributions de L. Schwartz, et permet de donner, même pour les espaces tels que $(\mathfrak{E})$ et $(\mathfrak{S})$ considérés par cet auteur, des propriétés topologiques nouvelles.

Notations. — $\mathbf{C}$ est le corps complexe; tous les espaces vectoriels topologiques envisagés sont localement convexes et séparés; si E est un espace vectoriel topologique, E′ désigne son dual, E_f et E'_f (resp. E_τ et E'_τ) désignent E et E′ munis de leur topologie faible [resp. de la topologie $\tau(E, E')$ et $\tau(E', E)$, *voir* ([1])]. Si F est un autre espace vectoriel topologique, $\mathfrak{L}(E, F)$ désigne l'espace des applications linéaires continues de E dans F, $\mathfrak{B}(E, F)$ l'espace des formes bilinéaires sur $E \times F$ continues par rapport à chaque variable, $B(E, F)$ le sous-espace formé des formes bilinéaires continues.

1. *Définitions générales.* — Soient E, F deux espaces vectoriels topologiques, leur produit tensoriel algébrique usuel $E \otimes F$ est en dualité naturelle avec $\mathfrak{B}(E, F)$, ou avec $B(E, F)$ (cette dernière dualité est déjà séparée). Il existe sur $E \otimes F$ une topologie localement convexe et une seule telle que, quel que soit l'espace localement convexe G, dans l'isomorphisme vectoriel classique entre l'espace de *toutes* les applications bilinéaires de $E \times F$ dans G et l'espace de *toutes* les applications linéaires de $E \otimes F$ dans G, aux applications bilinéaires continues correspondent exactement les applications linéaires continues. Cette topologie est aussi la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de $B(E, F)$. Muni de cette topologie, $E \otimes F$ est appelé *produit tensoriel topologique* de E et F, et son complété, noté $E \widehat{\otimes} F$, est appelé produit tensoriel topologique complété de E et F. Son dual est donc $B(E, F)$.

([5]) Pour les équations à coefficients constants, ce cas a été traité par une autre méthode par M. J. Leray (*Sém. Bourbaki*, Mai 1951).

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1, 1949.

Une notion analogue est obtenue en prenant sur $E \otimes F$ la topologie, plus fine, de la convergence uniforme sur les parties de $\mathfrak{B}(E, F)$ qui sont « équicontinues par rapport à chaque variable »; on obtient ainsi le *produit tensoriel topologique strict*, son complété sera noté $\overline{E \otimes F}$. Son dual est donc $\mathfrak{B}(E, F)$. Les deux notions précédentes coïncident si E et F sont tous les deux des espaces $(\mathcal{F})$, [alors $E \widehat{\otimes} F$ est aussi un espace $(\mathcal{F})$] ou tous les deux des duals forts d'espaces $(\mathcal{F})$ distingués; mais non par exemple quand E est un espace $(\mathcal{F})$ non normable, et F son dual fort.

On a en tous cas une application linéaire continue naturelle $\overline{E \otimes F} \to E \widehat{\otimes} F$. Si E et F sont complets, on a une application linéaire continue naturelle de $E \widehat{\otimes} F$, et par suite de $\overline{E \otimes F}$ dans $\mathfrak{L}(F'_\tau, E)$ muni de la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de F'. Les opérateurs qui sont images d'éléments de $\overline{E \otimes F}$ sont appelés *opérateurs à trace* [car si $F = E'_\tau$, alors sur $\overline{E \otimes E'_\tau}$, dont le dual $\mathfrak{B}(E, E'_\tau)$ s'identifie aussi à $\mathfrak{L}(E_f, E_f)$, on peut considérer la forme linéaire « *trace* », définie par l'opérateur identique $1 \in \mathfrak{L}(E_f, E_f)$]. Les opérateurs à trace dans E constituent exactement le champ naturel de validité de la théorie de Fredholm, dont je donnerai ailleurs un exposé détaillé. Je me bornerai à signaler ici qu'on peut dans des cas très généraux (en particulier si E est un espace de Banach) définir le déterminant de Fredholm d'un opérateur à trace u, c'est une fonction entière dont les zéros sont les valeurs propres de u. *Elle est de genre* 1 *au plus, et de genre zéro si* E *est un Hilbert ou si u est produit de deux opérateurs à trace.*

2. *Cas des espaces* $(\mathcal{F})$. — *Si* E *et* F *sont des espaces* $(\mathcal{F})$, *alors tout* $u \in E \widehat{\otimes} F$ *est de la forme* $u = \sum_i \lambda_i x_i \otimes y_i$, *où* (x_i) *et* (y_i) *sont des suites dans* E *resp.* F *tendant vers zéro, et où* $\sum_i |\lambda_i| \leq 1$, *et réciproquement. Les* x_i, y_i *peuvent être pris resp. dans deux compacts fixes, si l'on suppose que u varie dans une partie compacte de* $E \widehat{\otimes} F$. *Les formes linéaires sur* $B(E, F)$ *définies par les* $u \in E \widehat{\otimes} F$ *sont exactement celles qui sont continues pour la topologie de la convergence uniforme sur le produit de deux compacts; si* G *est un espace de Banach, les formes linéaires continues sur* $\mathfrak{L}(E, G)$ *muni de la topologie de la convergence compacte, s'identifie à* $E \widehat{\otimes} G'$.

3. *Espaces nucléaires.* — En général, E et F étant des espaces complets, l'application linéaire naturelle de $E \widehat{\otimes} F$ dans $\mathfrak{L}(F'_\tau, E)$ muni de la topologie de la convergence uniforme sur les parties équicontinues de F', n'est *ni sur*, *ni un isomorphisme vectoriel topologique dans*. On dit que l'espace complet E est *nucléaire*, si quel que soit l'espace complet F, l'application linéaire ci-dessus

est un isomorphisme (topologique) sur. Comme exemples, indiquons les espaces ($\mathfrak{E}$) et ($\mathfrak{H}$) de L. Schwartz [*voir* (2)] et les espaces de fonctions holomorphes sur un ouvert du plan complexe. *Pour que l'espace complet* E *soit nucléaire, il faut et il suffit que pour toute partie équicontinue convexe cerclée* A′ *de* E′, *existe une suite* (x'_i) *dans* E′ *tendant fortement vers zéro, une suite* (ρ_i) *de formes linéaires sur l'espace vectoriel* **C**.A′, *uniformément bornées sur* A′ *et une suite sommable de nombres positifs* $\lambda_i > 0$, *telles que pour* $x' \in A'$ *on ait*

$$x' = \sum_i \lambda_i \rho_i(x') x'_i.$$

Cela implique qu'il existe une partie équicontinue convexe cerclée fermée $B' \supset A'$ *telle que* A′ *soit partie relativement compacte de* **C**.B′ *pour la topologie définie par la « boule »* B′; ou, ce qui revient au même, que pour tout voisinage convexe cerclé U de zéro dans E, existe un voisinage V de zéro, précompact pour la topologie définie par le seul voisinage U. *A fortiori*, les parties bornées de E sont relativement compactes, en particulier E est réflexif, *Si* E *est un espace* ($\mathfrak{F}$) *nucléaire*, E′ *fort est nucléaire. Si* F *est un sous-espace vectoriel fermé d'un espace nucléaire* E, *alors* F *et* E/F *sont nucléaires.*

On en conclut que si A′ est une partie convexe cerclée de E'/F^0, et φ l'application canonique de E′ sur E'/F^0, alors il existe une application linéaire ψ de **C**.A′ dans E′ telle que $\psi(A)$ soit bornée, et $\varphi \circ \psi =$ identité. Si E est un espace ($\mathcal{F}$) nucléaire, l'énoncé analogue vaut aussi dans E/F lui-même. Le produit vectoriel topologique d'une famille d'espaces nucléaires est nucléaire. Enfin, signalons que tout opérateur compact dans un espace ($\mathcal{F}$) nucléaire est opérateur à trace. On peut montrer que son déterminant de Fredholm a des propriétés très spéciales, impliquant entre autres qu'il est de genre zéro.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices peu différentes d'une matrice triangulaire.* Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Henri Villat.

Bornes pour les déterminants et les racines fondamentales portant sur les bornes des modules des éléments situés au-dessous et au-dessus de la diagonale principale.

1. I. *Soit* $A = (a_{\mu\nu})$ ($\mu, \nu = 1, \ldots, n$) *une matrice telle que l'on ait*

(1) $$|a_{\mu\nu}| \leq m \quad (\mu > \nu), \qquad |a_{\mu\nu}| \leq M \quad (\mu < \nu).$$

---

(2) L. Schwartz, *Act. Sc. et Ind.*, n° **1122**, Hermann, Paris.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

Posons en supposant $0 < m < M$:

(2) $$\delta(m, M) = \frac{M m^{\frac{1}{n}} - m M^{\frac{1}{n}}}{M^{\frac{1}{n}} - m^{\frac{1}{n}}}$$

et décrivons autour des n éléments $a_{\mu\mu}$ *de* A *les cercles fermés de rayon* $\delta(m, M)$. *Alors toutes les racines fondamentales de* A *sont situées dans ces cercles. La valeur* (2) *de* $\delta(m, M)$ *ne peut être remplacée dans cet énoncé par aucun nombre plus petit.*

2. Le théorème I se déduit facilement du théorème suivant :

II. *Supposons dans les hypothèses de* I *que l'on ait*

(3) $$|a_{\mu\mu}| \geqq 1 \qquad (\mu = 1, \ldots, n).$$

Alors la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les matrices satisfaisant à ces conditions soient régulières est que l'on ait

(4) $$\frac{m}{(1+m)^n} < \frac{M}{(1+M)^n}.$$

Si (4) *est satisfait le module du déterminant de* A *est*

(5) $$\geqq \frac{(1+m)^n(1+M)^n}{M-m}\left[\frac{M}{(1+M)^n} - \frac{m}{(1+m)^n}\right].$$

De (4) découlent en particulier les deux conditions *nécessaires*

(6) $$m < \frac{1}{n-1}, \qquad m M^{n-1} < 1.$$

3. Pour un vecteur $\xi = (x_1, \ldots, x_n)$, nous posons généralement

(7) $$|\xi|_1 = \sum_{\nu=1}^{n} |x_\nu|, \qquad |\xi|_\infty = \operatorname{Max}_{\nu} |x_\nu|, \qquad |\xi|_2 = \sqrt{|x_1|^2 + \ldots + |x_n|^2}.$$

III. *Supposons dans les hypothèses du théorème* II *que la condition* (4) *soit satisfaite et posons* $q = (1+m)/(1+M)$. *Alors on a, si deux vecteurs* ε, η *sont liés par* $\varepsilon = A\eta$, *la relation*

(8) $$|\eta|_\varkappa \leqq \frac{M-m}{(M+1)(Mq^n - m)} |\varepsilon|_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \infty).$$

Pour $\varkappa = 2$ on peut ajouter dans l'expression de droite en (8) le facteur $q^{1/2}$.

4. On peut généraliser le théorème II au cas où les relations (1) et (3) sont remplacées par les inégalités plus générales

(9) $$|a_{\mu\nu}| \leqq m_\mu \quad (\mu > \nu), \qquad |a_{\mu\nu}| \leqq M_\mu \quad (\mu < \nu), \qquad |a_{\mu\mu}| \geqq \alpha.$$

Alors, la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les matrices

satisfaisant aux inégalités (9) soient régulières est que l'on ait

$$(10)\qquad \alpha_1\prod_{\nu=2}^{n}(m_\nu+\alpha_\nu)-\sum_{\varkappa=2}^{n}m_\varkappa\prod_{\mu=\varkappa+1}^{n}(m_\mu+\alpha_\mu)\prod_{\mu=1}^{\varkappa-1}(m_\mu+\alpha_\mu)>0.$$

Si la condition (10) est satisfaite, l'expression de gauche en (10) est la borne inférieure exacte des modules des déterminants du type A. On démontre ce résultat ainsi que le théorème II en calculant la valeur du déterminant

$$(11)\qquad \begin{vmatrix} 1 & -M_1 & \dots & -M_1 \\ -m_2 & 1 & \dots & -M_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -m_n & -m_n & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

et en appliquant un résultat que nous avons établi en 1937 (¹).

Les démonstrations des résultats énoncés seront publiées ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une condition de prolongement analytique des fonctions harmoniques.* Note de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Henri Villat.

Soit $\mathcal{D}$, un domaine borné, simplement connexe (pour simplifier) du plan $z=x+iy$, limité par une courbe de Jordan simple γ. L'arc $\widehat{ACB}$ de γ est analytique et régulier; l'arc complémentaire peut être à peu près quelconque, mais pour notre objet il est loisible de le supposer doué d'une tangente continue en chacun de ses points.

Soit s l'abscisse curviligne du point courant M de γ, comptée à partir de A pris pour origine et dans le sens positif de la trigonométrie (qui est aussi le sens de parcours A, C, B); on appelle : l l'abscisse (positive) de B; e l'ensemble fermé $0\leq s\leq l$; l_1 la longueur totale de γ.

Soit alors $\varphi(z)$ une fonction holomorphe dans $\mathcal{D}$, se réduisant sur γ à $f(s)+ig(s)$. On peut, sans restreindre la portée de notre conclusion, supposer que $f(s)$ et $g(s)$ sont bien définies et intégrables sur $l\leq s\leq l_1$ (ceci pour légitimer l'utilisation des formules de M. Villat). Le long de $\widehat{ACB}$ nous admettons que : 1° $f(s)$ et $g(s)$ sont définies et bornées sur e; sur e, $g(s)$ est continue et admet une dérivée finie; [on appellera E_f et E_g les ensembles des valeurs prises respectivement par $g(s)$ et $f(s)$ sur e]; 2° On a :

$$(1)\qquad \frac{dg}{ds}=\Psi[f(s),\,g(s),\,s]$$

Ψ étant une fonction analytique, régulière de f, g, s pour $f\in E_f$, $g\in E_g$, $s\in e$.

(¹) A. Ostrowski, *Comm. Math. Helv.*, **10**, 1937, p. 69-96.

Ceci étant, on a le lemme suivant :

$\varphi(z)$ est prolongeable analytiquement à travers l'arc $\widehat{ACB}$, extrémités exclues.

Notre méthode nous fournit, d'ailleurs, une minorante non nulle du rayon de convergence de $\varphi(z)$ au point de $\widehat{ACB}$ d'abscisse $s(0 < s < l)$.

Ce résultat pourrait être, sans doute, étendu au cas où (1) serait remplacée par une condition de la forme :

$$\frac{d^n g}{ds^n} = \Psi\left(f, g, \frac{dg}{ds}, \frac{df}{ds}, \ldots, \frac{d^{n-1} g}{ds^{n-1}}, \frac{d^{n-1} f}{ds^{n-1}}, s\right),$$

où Ψ est analytique par rapport à l'ensemble de ses arguments dans un domaine convenable et les dérivées $f^{(n-1)}$ et $g^{(n-1)}$ étant supposées exister sur e.

L'énoncé qui précède paraît naturel ; mais il ne semble pas avoir été explicité jusqu'ici, bien qu'il puisse rendre des services dans l'étude de plusieurs problèmes aux limites de la physique mathématique, par exemple en justifiant *a priori* divers procédés de calcul approchés de la solution, en garantissant l'existence de certaines expressions intégrales à noyau singulier etc. [1]. En particulier dans le cas des écoulements plans, permanents, à potentiel des vitesses, des liquides parfaits pesants, la correspondance conforme $Z = Z(z)$ entre le domaine du fluide en mouvement du plan Z et son image dans le plan du potentiel complexe z, fait correspondre à la ligne libre un segment de droite du plan z le long duquel on a une relation du type (1) $dg/ds = \mu e^{-3g} \sin f$, où l'on a posé $dz/dZ = V_0 e^{-i\Omega}$, $\Omega = f + ig$. Notre lemme ci-dessus permet alors d'affirmer l'analyticité de la portion de la ligne libre le long de laquelle on sait *a priori* majorer $|f(s)|$ et $|g(s)|$.

La démonstration du lemme se fait en deux étapes distinctes :

1° On prouve que $f(s)$ et $g(s)$ sont indéfiniment dérivables. A cet effet on se ramène d'abord au moyen d'une représentation conforme au cas où $\mathcal{D}$ est le cercle unitaire $z = e^{is}$. Alors les formules de M. Villat permettent de représenter $\varphi(z)$ au moyen de $g(s)$. Soit H^α l'espace des fonctions vérifiant sur e une condition de Hölder d'exposant α ; comme les hypothèses faites entraînent $dg/ds <$ const. sur e, $g(s) \in H^\alpha$. Le théorème de Priwaloff prouve alors que $f(s) \in H^\alpha$. Ainsi $m(s) = \psi[f(s), g(s), s]$ appartient aussi à H^α. Donc $dg/ds \in H^\alpha$, et par suite df/ds existe et $\in H^\alpha$. Cela montre que dm/ds existe et $\in H^\alpha$ en sorte que $d^2 g/ds^2$ existe et $\in H^\alpha$, ainsi que $d^2 f/ds^2$. Le raisonnement se continue indéfiniment [2], basé sur les formules de M. Villat et sur le théorème de Priwaloff.

---

[1] On trouvera dans un travail de M. C. Jacob (*Revue roumaine Mathematica*, 9, 1935, p. 88-150) plusieurs exemples de conditions à la frontière du type (1) spécialement dans le cas où dg/ds est une fonction de f et de g à coefficients analytiques en s.

[2] M. J. Leray (*Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 165) a utilisé à propos d'une autre question des raisonnements similaires.

2° Des calculs (assez compliqués), permettent ensuite de construire, sur tout fermé e_1, appartenant à l'intervalle $0 < s < l$, une série entière de s, absolument convergente pour $s \in e_1$, majorante pour les développements tayloriens formés de $g(s)$ et $f(s)$ que légitiment les raisonnements qui précèdent. Il est alors aisé de conclure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transformation de Stieltjes d'une série de Taylor et son itération.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

$f(x)$ et $g(x)$ désignant des séries de Taylor dont les coefficients répondent à certaines conditions. Calcul des intégrales

$$A = \int_0^\infty \frac{f(tx)}{1+x}\,dx, \qquad B = \int_0^\infty \frac{f(tx)\log x}{x-1}\,dx, \qquad C = \int_0^\infty f(tx)\, g\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}$$

et applications aux transformations de Laplace et de Hankel. On a

$$A = -\log x\, f(-x) - \sum_0^\infty \varphi'(n)\, x^n.$$

Soit $\varphi(s)$ une fonction holomorphe dans le domaine D situé à droite et sur l'axe $\mathcal{R}(s) = -\varepsilon$ et développable en série de Newton (ε étant un nombre positif arbitrairement petit). $\varphi'(s)$ et $\varphi''(s)$ désignent les deux premières dérivées de $\varphi(s)$.

Dans ces conditions Ramanujan [1] a trouvé que si

$$f(x) = \sum_0^\infty \varphi(n)(-x)^n, \tag{1}$$

on a

$$\int_0^\infty f(x)\, x^{s-1}\, dx = \frac{\pi}{\sin \pi s}\varphi(-s).$$

Posons en outre

$$\int_0^\infty \frac{f(y)}{x+y}\,dy = f_1(x), \qquad \int_0^\infty f(xy)\log y \frac{dy}{y-1} = f_2(x)$$

et proposons-nous de chercher un développement en série pour $f_1(x)$ et $f_2(x)$.

Il est facile à démontrer que

$$f_1(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon - i\infty}^{\varepsilon + i\infty} \frac{\pi^2}{\sin^2 \pi s}\varphi(-s)\, x^{-s}\, ds,$$

$$f_2(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon - i\infty}^{\varepsilon + i\infty} \frac{\pi^3}{\sin^3 \pi s}\varphi(-s)\, x^{-s}\, ds$$

---

(1) G.-H. Hardy, *Ramanujan*, Oxford, 1941.

et l'on peut calculer la valeur de l'intégrale en faisant la somme des résidus correspondant aux pôles situés à gauche de l'axe d'intégration.

Par exemple au pôle zéro correspondent les développements de Laurent

$$\left[\frac{1}{s^2}+\ldots\right][\varphi(0)-\varphi'(0)s+\ldots]\left[1-\log x\frac{s}{1!}+\ldots\right]$$

et

$$\left[\frac{1}{s^3}+\frac{\pi^2}{2s}+\ldots\right]\left[\varphi(0)-\varphi'(0)s+\varphi''(0)\frac{s^2}{2!}\ldots\right]\left[1-\log x\frac{s}{1!}+\log^2 x\frac{s^2}{2!}\ldots\right],$$

Soient les résidus

$$-\varphi'(0)-\varphi(0)\log x \qquad \text{et} \qquad \frac{\pi^2+\log^2 x}{2}\varphi(0)+\log x\,\varphi'(0)+\frac{\varphi''(0)}{2!}.$$

On en déduit aisément en calculant les autres résidus

$$(2) \qquad f_1(x)=-\log x\,f(-x)-\sum_0^\infty \varphi'(n)\,x^n,$$

$$(3) \qquad f_2(x)=\frac{\pi^2+\log^2 x}{2}f(x)+\log x\sum_0^\infty \varphi'(n)(-x)^n+\sum_0^\infty \frac{\varphi''(n)}{2!}(-x)^n.$$

Soit maintenant

$$g(x)=\sum_0^\infty \xi(n)(-x)^n$$

$\xi(s)$ vérifiant les mêmes conditions que $\varphi'(s)$; on a alors

$$h(x)=\int_0^\infty f(xy)\,g\left(\frac{1}{y}\right)\frac{dy}{y}=\frac{1}{2\pi i}\int_{\varepsilon-i\infty}^{\varepsilon+i\infty}\frac{\pi^2}{\sin^2\pi s}\varphi(-s)\,\xi(-s)\,x^{-s}\,ds,$$

d'où

$$(4) \qquad h(x)=-\log x\sum_0^\infty \varphi(n)\,\xi(n)\,x^n-\sum_0^\infty \varphi(n)\,\xi'(n)\,x^n-\sum_0^\infty \varphi'(n)\,\xi(n)\,x^n.$$

Cette formule permet en particulier de calculer aisément les transformées de Laplace et de Hankel (ordre zéro) de $(1/x)f(1/x)$

$$(5) \qquad \int_0^\infty e^{-tx} f\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}=-\log x\sum_0^\infty \frac{\varphi(n)x^n}{n!}+\sum_0^\infty \frac{\psi(1+n)\,\varphi(n)}{n!}x^n-\sum_0^\infty \frac{\varphi'(n)x^n}{n!},$$

$$(6) \qquad \int_0^\infty J_0(2\sqrt{tx})\,f\left(\frac{1}{x}\right)\frac{dx}{x}=-\log x\sum_0^\infty \frac{\varphi(n)x^n}{(n!)^2}+2\sum_0^\infty \frac{\psi(1+n)\,\varphi(n)x^n}{(n!)^2}-\sum_0^\infty \frac{\varphi'(n)x^n}{(n!)^2}.$$

Les transformées de Fourier et de Hankel d'ordre non nul peuvent s'exprimer aussi, par des formules un peu plus compliquées toutefois.

On peut d'ailleurs obtenir des formules analogues à (2) et (3) pour le développement des autres transformées itérées, mais les calculs sont assez pénibles et ne paraissent pas présenter un très grand intérêt.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Différentielles sur une surface de Riemann ouverte.* Note de M. **Roger Bader**, présentée par M. Paul Montel.

Différentielles analytiques de seconde et de troisième espèce, à une infinité de pôles, dont l'intégrale de Dirichlet, à l'extérieur d'un système quelconque de voisinages des pôles, est finie.

1. Soit S une surface de Riemann, D un domaine relativement compact sur S, de frontière D' composée de q courbes analytiques fermées. Appelons $\overline{D}$ la fermeture de D, p le genre de D, $\hat{D}$ la surface de Schottky construite à partir de D, $\tilde{D}$ l'image de D sur $\hat{D}$ (1). Le genre de $\hat{D}$ est $P = 2p + q - 1$.

Désignons par $\dot{S}_a$ (resp. $\dot{\Gamma}_a$) l'espace vectoriel des différentielles analytiques ayant un nombre fini de singularités polaires sur $\hat{D}$ (resp. $\overline{D}$). $\dot{S}_r$ sera le sous-espace de $\dot{S}_a$ dont les éléments sont réels sur D'. $\dot{S}_a$ est la somme directe de $\dot{S}_r$ et de $i\dot{S}_r$. Le sous-espace de $\dot{S}_r$ dont les éléments ont un diviseur relatif à un système de points (a_i) donné, de degré $\leqq m$, a $m + P - 1$ dimensions réelles.

Il existe une et une seule différentielle de S_a de périodes données sur $\overline{D}$ et de parties singulières données en un nombre fini de points de $\hat{D}$, si la somme des résidus est nulle.

Étant donné un diviseur $\Delta = \prod_1^n a_i^{h_i}$, $h_i < 0$, $a_i \in D$ nous désignons par $\dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ [resp. $\dot{\Gamma}_a(\Delta)$] le sous-espace de $\dot{S}_a$ (resp. $\dot{\Gamma}_a$) dont les éléments sont multiples de $\Delta\tilde{\Delta}$ (resp. Δ). Si $\Delta_1 = \prod_1^n a_i^{-1}$, on a le lemme suivant (3) :

Lemme 1. — *L'espace des différentielles $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta_1\tilde{\Delta}_1)$, de résidus opposés en a_i et $\tilde{a}_i$ est orthogonal et complémentaire à l'espace $\Gamma_e \cap \Gamma_a$ (2) dans $\dot{\Gamma}_a(\Delta_1)$.*

La démonstration de ce lemme se fait en écrivant $\varphi = \theta_1 + i\theta_2$ et en remarquant que les résidus des θ sont imaginaires purs en chaque a_i.

Si V désigne un système de voisinage des a_i dans D, et si Ω est une différentielle de $\dot{\Gamma}_a(\Delta_1)$, on voit ainsi que la différentielle $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta_1\tilde{\Delta}_1)$, qui a les mêmes périodes que Ω sur $\overline{D}$, les mêmes résidus que Ω en a_i et des résidus opposés

(1) Les notions non précisées ici sont définies par L. Ahlfors, *Comment. Math. Helv.*, **24**, p. 100-134.

(2) Notation d'Ahlfors : Γ_e (resp. Γ_a) espace des différentielles exactes (resp. analytiques) sur $\overline{D}$.

(3) Le produit intérieur est défini par passage à la limite (*voir* Ahlfors, *loc. cit.*).

en a_i et $\tilde{a}_i$, a une norme ([4]) dans $\complement_{D} V$ inférieure à celle de Ω, dès que V est suffisamment petit.

Le lemme suivant est une généralisation du lemme 3 d'Ahlfors et se démontre de façon identique $\left(\Delta = \prod_1^n a_i^{h_i},\ h_i < 0,\ \text{diviseur quelconque dans D}\right)$.

Lemme 2. — *L'espace* $\dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ *et le sous-espace* $\Gamma_a \cap \Gamma_e$ *tel que* $dF \in \Gamma_a \cap \Gamma_e$, F *soit multiple de* Δ^{-1}, *sont orthogonaux et complémentaires dans* $\dot{\Gamma}_a(\Delta)$.

Étant donné $\Omega \in \dot{\Gamma}_a(\Delta)$, on peut trouver une et une seule différentielle $\varphi \in \dot{S}_a(\Delta\tilde{\Delta})$ qui ait : 1° les mêmes périodes que Ω sur $\bar{D}$; 2° les mêmes $2h_i - 1$ premiers coefficients que Ω en a_i; 3° $\int_{a_1}^{a_i} (\varphi - \Omega) = 0$, $i = 2, \ldots, n$. Dans la suite, nous désignons par $\mathcal{H}$ ces trois propriétés. On voit alors que la norme de φ dans $\complement_{D} V$ est inférieure à celle de Ω, si V est suffisamment petit.

2. Nous appellerons $\dot{E}_a$ l'espace des différentielles analytiques ayant au plus des singularités polaires sur S, telles que si V désigne un système de voisinages des points singuliers, $\|\varphi\|^2_{\complement_S V} < \infty$ quel que soit V. C'est un espace vectoriel ([5]). E_a désignera le sous-espace de $\dot{E}_a$ dont les différentielles sont partout régulières sur S. C'est un espace de Hilbert.

Soit Ω une différentielle de $\dot{E}_a$; V un système de voisinage des singularités de Ω sur S; S_n une exhaustion de S telle que $S'_n \cap V = \emptyset$; φ_n les différentielles de Schottky de S_n ayant les propriétés $\mathcal{H}$ relatives à Ω dans S_n; D_n les domaines $\complement_{S_{n+1}} \bar{S}_n$; δ_n les différentielles de Schottky de D_n ayant les propriétés $\mathcal{H}$ relatives à Ω dans D_n.

Les quantités $d_k = \lim_V \left\{ \|\Omega\|^2_{\complement_S V} - \|\varphi_k\|^2_{\complement_{S_k} V} - \sum_k^\infty \|\delta_n\|^2_{\complement_{D_n} V} \right\}$ sont finies, positives et non croissantes. On en déduit la convergence des φ_n et plus précisément le théorème suivant :

Théorème. — *Si* $\Omega \in \dot{E}_a$, Ω *a deux composantes orthogonales : l'une,* φ *qui appartient à* $\dot{E}_a$, *est la limite de différentielles de Schottky d'une exhaustion de* S *et a les propriétés* $\mathcal{H}$ *relatives à* Ω *sur* S *; l'autre,* $\Omega - \varphi$, *appartient à* E_a.

([4]) Intégrale de Dirichlet.

([5]) On montre facilement qu'il existe des différentielles de $\dot{E}_a$ ayant une infinité de singularités sur S.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Théorème d'impossibilité relatif aux fonctions elliptiques analogue à un théorème de M. Borel sur les exponentielles.* Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration de l'impossibilité de $Ap(H_1)+Bp(H_2)=1$, H_1 et H_2 entiers. Étude de la possibilité de $Ap(H_1)+Bp(H_2)=0$. Extension des résultats de M. Borel au cas d'un point singulier isolé.

1. On sait qu'une fonction entière ne peut avoir plus de deux valeurs régulières par rapport à 2 [d'après la terminologie de M. Montel (1)]. Ce fait s'établit au moyen des méthodes de M. Nevanlinna ou au moyen des fonctions automorphes. C'est également une conséquence des résultats par lesquels M. Borel a généralisé le théorème de Picard. En effet soit $\varphi(z)$ une fonction entière ayant trois valeurs régulières par rapport à deux, a, b, c. $E(z)=[2\varphi-(a+b)]/(a-b)$ sera une fonction entière ayant $+1$ et -1 comme valeurs régulières par rapport à 2. $\operatorname{Arc}\sin E(z)$ sera une fonction uniforme et holomorphe $H_1(z)$ (dans cette Note toutes les fonctions H seront des fonctions entières). Donc $E(z)$ sera égal à $\sin H_1(z)$. De même $[2\varphi-(b+c)]/(b-c)$ ayant -1 et $+1$ comme valeurs régulières par rapport à 2 sera égale à $\sin H_2(z)$ et l'élimination de φ a pour conséquence

$$(a-b)(e^{iH_1}-e^{-iH_1})-(b-c)(e^{iH_2}-e^{-iH_2})+2i(a-c)=0$$

ce qui est impossible d'après les théorèmes de M. Borel.

La démonstration de l'impossibilité de cinq valeurs régulières par rapport à 2 pour une fonction méromorphe étant acquise par les méthodes de M. Nevanlinna ou par les fonctions automorphes on peut donner à ce résultat une forme analogue au théorème de M. Borel mais concernant cette fois la fonction elliptique pz au lieu de e^z. Supposons que l'on ait :

$$p[H_1(z)]=\lambda p[H_2(z)]+\mu;$$

$p[H_1(z)]$ va avoir quatre valeurs régulières par rapport à 2, celles de $p(z)$ soit l'infini et a, b, c les trois racines distinctes de $p'^2=4p^3-g_2p-g_3=0$. Donc $a+b+c=0$; $\lambda p(H_2)+\mu$ aura 4 valeurs régulières par rapport à 2, l'infini et $\lambda a+\mu$, $\lambda b+\mu$, $\lambda c+\mu$. Une fonction méromorphe ne pouvant avoir que 4 valeurs régulières par rapport à 2, $\lambda a+\mu$, $\lambda b+\mu$, $\lambda c+\mu$ sont a, b, c dans un autre ordre. On a donc $\lambda(a+b+c)+3\mu=a+b+c=0$ ce qui entraîne : 1° $\mu=0$; 2° soit $\lambda=1$ (a, b, c quelconques) et $H_2=2m\omega+2n\omega'\pm H_1$, p étant quelconque; soit $\lambda=-1$ ($b=-a$, $c=0$) et p est la fonction inverse

(1) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 33, 1916, p. 223-302.

de $\int \frac{dz}{\sqrt{4(z^3-a^2z)}}$; soit $\lambda = e^{2\pi i/3}$ ou $e^{4\pi i/3} = j(b = ja,\ c = j^2 a)$ et p est inverse de $\int \frac{dz}{\sqrt{4(z^3-a^3)}}$. Donc

THÉORÈME. — *On ne peut avoir* $Ap(H_1) + Bp(H_2) = 1$, A *et* B *étant des constantes; l'égalité* $Ap(H_1) + Bp(H_2) = 0$ *n'est possible que si* $B/A = -1, +1$, $e^{2\pi i/3}$ ou $e^{4\pi i/3}$ *p étant arbitraire dans le premier cas et une fonction particulière dans les autres.*

Il se peut que d'une manière plus générale on ne puisse avoir $\Sigma A_i p(H_i) = 1$.

2. Je ne crois pas avoir vu dans l'analyse des travaux qu'a entraînés le célèbre Mémoire de M. Borel, *Sur les zéros des fonctions entières* (²), la remarque que la démonstration de l'impossibilité sous certaines conditions de relations de la forme $\Sigma G_i(z)\, e^{H_i(z)} = 0$ est encore valable G_i et H_i étant holomorphes autour d'un point isolé (seul le cas ou G et H sont entières est étudié dans le mémoire). Il suffit de remarquer que les inégalités sur la croissance du maximum du module et de la partie réelle qu'utilise M. Borel et qu'il établit à partir du développement en série sont comme l'a montré M. Carathéodory la conséquence du théorème de Schwarz et que ce dernier peut être généralisé de la façon suivante qui le rend valable pour des fonctions holomorphes au delà d'un certain cercle :

Si $f(z)$ *est holomorphe pour* $r < |z| < R < \infty$ *on a* pour R assez grand

$$|f(z)| < \frac{M(R)}{R}|z|.$$

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Nouvelles images pour la fonction de Gauss.* Note de M. **PIERRE HUMBERT**, présentée par M. Henri Villat.

On peut supposer que, dans la fonction hypergéométrique de Gauss,

$$F(\alpha, \beta; \gamma; x) = \sum_0^\infty \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\gamma, n)(1, n)} x^n,$$

le paramètre γ soit la variable symbolique p, et chercher alors quel est l'original de cette fonction, considérée comme image. On y arrivera facilement par une décomposition en éléments simples, qui conduira à la relation

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) = 1 + \sum_1^\infty \frac{(-1)^{n-1}}{p+n} \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{n!(n-1!} x^n F(\alpha+n, \beta+n; n+1; x).$$

Comme on connaît la correspondance

$$\frac{1}{p+n} \subset -\frac{e^{-nt}-1}{n},$$

(²) *Acta Mathematica*, 20, 1897, p. 357-396.

on pourra écrire symboliquement

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset 1 + \sum_{1}^{\infty} \frac{(-1)^n (e^{-nt}-1)}{n!\,n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha+n, \beta+n; n+1; x).$$

La limite du premier membre pour $p = 0$ étant la même que celle du second membre pour t infini, on a la relation

$$F(\alpha, \beta; 1; x) = 1 - \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!\,n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha+n, \beta+n; n+1; x),$$

ce qui permet d'écrire la relation symbolique définitive

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n e^{-nt}}{n!\,n!} (\alpha, n)(\beta, n) x^n F(\alpha+n, \beta+n; n+1; x)$$

qui peut encore se mettre sous la forme

$$F(\alpha, \beta; p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} e^{-nt} x^n \frac{d^n}{dx^n} F(\alpha, \beta; 1; x).$$

On généralisera aisément, pour une fonction hypergéométrique d'ordre quelconque :

$${}_rF_s(\alpha_1, \ldots, \alpha_r; \gamma_1, \ldots, \gamma_{s-1}, p+1; x) \subset \sum_{0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} e^{-nt} x^n \frac{d^n}{dx^n} {}_rF_s(\alpha_1, \ldots, \alpha_r; \gamma_1, \ldots, \gamma_{s-1}, 1; x).$$

Revenant à l'image de la fonction de Gauss, nous pouvons en tirer une correspondance nouvelle en y faisant $x = 1$. Les deux fonctions hypergéométriques sont alors égales, la première à

$$\frac{\Gamma(p+1)\Gamma(p-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(p-\alpha+1)\Gamma(p-\beta+1)}$$

et la seconde à

$$\frac{\Gamma(n+1)\Gamma(1-\alpha-\beta-n)}{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)}.$$

On peut écrire, par le jeu des formules eulériennes,

$$\Gamma(1-\alpha-\beta-n) = (-1)^n \frac{\Gamma(1-\alpha-\beta)}{(\alpha+\beta, n)}$$

ce qui conduit alors à une correspondance où le second membre est

$$\sum_{0}^{\infty} \frac{e^{-nt}}{n!} \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)} \frac{\Gamma(1-\alpha-\beta)}{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)}$$

et par conséquent à la curieuse formule

$$F(\alpha, \beta; \alpha+\beta; e^{-t}) \supset \frac{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)\Gamma(p+1)\Gamma(p-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(1-\alpha-\beta)\Gamma(p-\alpha+1)\Gamma(p-\beta+1)}$$

que l'on vérifiera aisément pour certaines valeurs particulières de α et β, ou directement en cherchant l'image du premier membre. Or le développement de ce premier membre est

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)\, n!} e^{-nt},$$

dont l'image est

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)}{(\alpha+\beta, n)\, n!} \frac{p}{p+n},$$

ce qui, en multipliant haut et bas par $(p+1)(p+2)\ldots(p+n-1)$, devient

$$\sum \frac{(\alpha, n)(\beta, n)(p, n)}{(\alpha+\beta, n)(p+1, n)\, n!} = {}_3F_2(\alpha, \beta, p;\ \alpha+\beta, p+1;\ 1).$$

On obtient donc, pour cette fonction hypergéométrique de Clausen, la formule (que je n'ai jusqu'ici pas rencontrée)

$${}_3F_2(\alpha, \beta, \gamma;\ \alpha+\beta, \gamma+1;\ 1) = \frac{\Gamma(1-\alpha)\Gamma(1-\beta)\Gamma(\gamma+1)\Gamma(\gamma-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(1-\alpha-\beta)\Gamma(\gamma-\alpha+1)\Gamma(\gamma-\beta+1)}.$$

TOPOLOGIE. — *Espaces compacts au sens de la convergence simple.*

Note (1) de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On considère un espace fonctionnel d'applications d'un ensemble abstrait quelconque dans un espace métrique compact. On établit les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doivent satisfaire ces applications pour que la topologie de l'espace fonctionnel induite par la convergence simple des applications, soit celle d'un espace compact métrisable.

Nous énoncerons quelques résultats relatifs à l'étude d'un problème qu'on rencontre constamment dans la théorie des fonctions : on considère une suite convergente de fonctions, toutes pourvues d'un caractère commun (par exemple métrique, topologique ou mixte); dans quelles conditions la fonction limite est-elle pourvue du même caractère ?

Ou, plus généralement : dans quelles conditions (éventuellement nécessaires et suffisantes) une famille $\mathcal{F}$ d'applications d'un ensemble abstrait E quelconque dans un espace K métrique, possède la structure topologique (induite par la *convergence simple* d'applications de E dans K) d'un espace métrique compact ?

Ce problème peut être entièrement résolu si K est supposé compact.

La famille ou espace fonctionnel, $\mathcal{F}(f)$ sera dite *compacte* (resp. *compacte métrisable*) *au sens de la convergence simple*, si sa topologie induite par la convergence simple des f est celle d'un espace compact (resp. compact métrisable).

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1208.

Définitions 1. — Soit I un ensemble d'indices, Z l'ensemble des entiers positifs et, pour tout $i \in I$ et pour tout $n \in Z$, $e(n, i)$ un sous-ensemble éventuellement vide de E.

a. Une famille d'ensembles $e(n, i)$ forme un *système essentiel* $\mathcal{E}$, si pour tout $n \in Z$ on a $\bigcup_{i \in I} e(n, i) = E$ et pour tout $n \in Z$, il existe un ensemble dénombrable $I_n \subset I$ tel que si l'on pose $s(n) = \bigcup_{i \in I_n} e(n, i)$, la réunion $r(n)$ des $e(n, i)$ qui rencontrent $s(n)$ est identique à E.

b. On dira que $\mathcal{F}(f)$ est *équi-associée* à un système essentiel $\mathcal{E}$, si pour tout $n \in Z$, pour tout $i \in I$ et pour tout $f \in \mathcal{F}$, on a

$$[\text{oscillation de } f \text{ sur } e(n, i)] < \frac{1}{n}.$$

On montre que si la famille $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, il existe un sous-ensemble dénombrable $D \subset E$, indépendant de $\mathcal{F}$, tel que la convergence des f en tout point de D entraîne leur convergence en tout point de E. Plus généralement :

Définitions 2. — On dira que $\mathcal{F}$ est *continument déterminable* D, si, pour toute suite $\{f_\alpha\} \subset \mathcal{F}$ et tout $f \in \mathcal{F}$, chaque fois que $\{f_\alpha\}$ converge vers f en tout point de D, $\{f_\alpha\}$ converge vers f en tout point de E.

On dira que $\mathcal{F}$ continument déterminable D est *close*, si toute suite $\{f_\alpha\} \subset \mathcal{F}$ qui converge en tout point de D, converge en tout point de D vers la restriction à D d'une application $f \in \mathcal{F}$.

I. Supposons K compact. On montre d'abord : « si $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, il existe un ensemble dénombrable $D \subset E$ tel que $\mathcal{F}$ soit continument déterminable D et close ». Ensuite : « si $\mathcal{F}$ est continument déterminable D et close, $\mathcal{F}$ a la structure d'un espace compact métrisable ([2]) au sens de la convergence simple ». D'où le

THÉORÈME 1. — *Si $\mathcal{F}$ est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$, la structure topologique de $\mathcal{F}$ est celle d'un espace compact métrisable au sens de la convergence simple* ».

Une démonstration topologique simple permet d'établir la réciproque :

THÉORÈME 2. — « *Si l'espace fonctionnel $\mathcal{F}$ est compact métrisable au sens de la convergence simple* (*des applications f de* E *dans* K *compact métrisable*), *la famille $\mathcal{F}$ d'applications f est équi-associée à un système essentiel $\mathcal{E}$* ».

Nous avons obtenu ainsi tous les espaces compacts au sens de la convergence simple et, en particulier, *les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une caractérisation, commune aux fonctions qui forment une suite simplement convergente, s'applique à la fonction limite.*

([2]) Une métrique simple sur $\mathcal{F}$ a été suggérée par M. Choquet, voir *loc. cit.*

Dans les applications aux fonctions numériques, on prendra soin de choisir K compact. Exemple : K est la droite numérique augmentée des points $+\infty$ et $-\infty$.

II. *Exemples de systèmes essentiels* $\mathcal{E}$ (Définitions 1, *a*). — Si E est le segment [0 — 1], posons $I \equiv E$.

1. Posons pour tout n et tout x, $e(n, x) =$ *un ensemble ouvert contenant* x. La famille $\mathcal{E}$ des $e(n, x)$ constitue un système essentiel. Une famille de fonctions équi-associée à $\mathcal{E}$ et dite *également continue*. Toute convergence est une convergence uniforme.

2. Pour tout n et pour tout x, posons $e(n, x) = x \cup$ [*ensemble ouvert ayant* x *comme point d'accumulation*]. Une famille de fonctions équi-associée à un tel système $\mathcal{E}$ est dite *équi-quasi-continue*. [1]

3. En posant pour tout n et pour tout x, $e(n, x) =$ *ensemble mesurable d'épaisseur un et contenant* x, on obtient une famille de fonctions *également continues en mesure* (*ou équi-approximativement continues*).

4. Si pour tout n et pour tout x, $e(n, x) = x \cup$ [*ensemble mesurable de mesure* > 0 *ayant* x *comme point d'accumulation*], on obtient une famille *également quasi-continue en mesure*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les variétés presque complexes* V_{2n} *munies d'un champ de n-éléments réels* [1]. Note de M[lle] **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Sur une variété presque complexe V_{2n}, à la donnée d'un champ de n-éléments réels est associée une connexion affine. Courbure et torsion. Condition pour que le champ et son transformé par les automorphismes $\mathcal{J}$ (qui définissent la structure presque complexe) soient complètement intégrables.

1. Soit V_{2n} une variété trois fois différentiable de dimension $2n$ et considérons sur V_{2n} la structure $\mathfrak{s}$ définie par la donnée d'une structure *presque complexe* et d'un champ deux fois différentiable C_1 de n-éléments de contact *réels*. La structure presque complexe est déterminée par un champ d'automorphismes $\mathcal{J}$ de l'espace vectoriel R_x^{2n} tangent à V_{2n} en $x \in V_{2n}$; un élément de contact X_n au point x est dit réel lorsque l'intersection de X_n et de son transformé par $\mathcal{J}$ se réduit à x [2]. Le champ C_1 s'appellera le champ réel de la structure, son transformé C_2 par $\mathcal{J}$ le champ imaginaire pur.

---

(1) Cette Note pour la rédaction de laquelle je dois certaines suggestions à M. Ch. Ehresmann, fait suite à deux Notes antérieures désignées par (I) (Ch. Ehresmann et P. Libermann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1281) et (II) (P. Libermann, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 17).

(2) Ch. Ehresmann, *Sur les variétés presque complexes* [*Séminaire Bourbaki*, 1950 et *Proc. Int. Cong. Math.*, 1950 (sous presse)].

Localement la structure est déterminée par n formes de Pfaff complexes $\omega^1, \ldots, \omega^n$ telles que : $\omega^j = \alpha^j + i\beta^j$, les $2n$ formes réelles α^j, β^j étant linéairement indépendantes et le champ C_1 (resp. C_2) étant défini par :

$$(1) \qquad \beta^1 = 0, \ \ldots, \ \beta^n = 0, \qquad (\text{resp. } \alpha^1 = 0, \ \ldots, \ \alpha^n = 0).$$

La même structure $\mathfrak{s}$ est déterminée par n formes de Pfaff ω'^k telles que :

$$(2) \qquad \omega'^k = \Sigma u_j^k \omega^j,$$

les u_j^k étant des fonctions locales sur V_{2n} à valeurs *réelles*. Les transformations (2) forment un sous-groupe du groupe linéaire complexe L'_n, sous-groupe isomorphe au groupe linéaire réel L_n.

On peut déterminer de manière unique des formes *réelles* ω_s^j, linéaires en ω^l et $\bar{\omega}^l$ vérifiant les équations

$$(3) \qquad \begin{cases} d\omega^j = \Sigma\, \omega^s \wedge \omega_s^j + \Sigma A_{sl}^j\, \omega^s \wedge \omega^l + \Sigma B_{sl}^j\, \bar{\omega}^s \wedge \bar{\omega}^l, \\ A_{sl}^j + A_{ls}^j = 0, \qquad B_{sl}^j + B_{ls}^j = 0. \end{cases}$$

Ainsi sur la variété presque complexe V_{2n}, aux champs C_1 et C_2 est associée de façon canonique une connexion affine. Les formes $\Omega^j = \Sigma A_{sl}^j \omega^s \wedge \omega^l$ et $\Gamma^j = \Sigma B_{sl}^j \bar{\omega}^s \wedge \bar{\omega}^l$ définissent respectivement la première et la deuxième torsion de la structure. On définit la courbure par les formes réelles $\Omega_s^j = d\omega_s^j - \Sigma \omega_s^h \wedge \omega_h^j$ qui vérifient les équations

$$(4) \qquad \begin{cases} d(\Omega^j + \Gamma^j) + \Sigma(\Omega^s + \Gamma^s) \wedge \omega_s^j - \Sigma \omega^s \wedge \Omega_s^j = 0, \\ d\Omega_s^j + \Sigma \Omega_s^h \wedge \omega_h^j - \Sigma \omega_s^h \wedge \Omega_h^j = 0. \end{cases}$$

De même, aux formes ω'^k, on associe les formes $\omega_s'^k$, Ω'^k, $\Omega_s'^k$ telles que

$$\omega_s'^k = \Sigma u_j^k v_s^l \omega_l^j + \Sigma u_j^k dv_s^j,$$
$$\Omega_s'^k = \Sigma u_j^k v_s^l \Omega_l^j, \qquad \Omega'^k = \Sigma u_j^k \Omega^j, \qquad \Gamma'^k = \Sigma u_j^k \Gamma^j,$$

où la matrice $\| v_s^l \|$ est l'inverse de la matrice $\| u_j^k \|$.

Théorème 1. — *Pour qu'il existe un système de coordonnées locales* $z^1, \ldots, z^n$ (*où* $z^j = x^j + iy^j$) *tel que les champs* C_1 *et* C_2 *soient respectivement définis par* $dy^1 = 0, \ldots, dy^n = 0$ *et* $dx^1 = 0, \ldots, dx^n = 0$, *il faut et il suffit que la courbure et la torsion soient nulles.* Dans ce cas nous dirons que la structure est *intégrable.*

Théorème 2. — *Pour que le champ réel* C_1 (*resp. imaginaire pur* C_2) *soit complètement intégrable, il faut et il suffit que* $A_{sl}^j + B_{sl}^j$ *soit réel* (*resp. purement imaginaire*) ($j, s, l = 1, \ldots, n$).

Conséquence. — *Pour que les champs* C_1 *et* C_2 *soient tous deux complètement intégrables, il faut et il suffit que* $A_{sl}^j + B_{sl}^j = 0$ ($j, s, l = 1, \ldots, n$).

Remarques. — 1° Un des champs étant complètement intégrable, pour que la

connexion affine induite sur ses variétés intégrales soit sans torsion, il faut et il suffit que l'autre champ soit aussi complètement intégrable.

2° Si la stucture est *complexe*, on a $B^j_{sl}=0$; donc *pour que* C_1 et C_2 *soient complètement intégrables, il faut et il suffit que* $\Omega^j=0$. On démontre que la connexion induite sur les variétés intégrales est alors à courbure nulle : *la structure induite sur les variétés intégrales des deux champs est une structure d'espace localement affine.*

2. Les forme $\varphi_1=2\Sigma A^j_{kj}\omega^k$, $\varphi_2=2\Sigma A^j_{kj}\overline{\omega}^k$, $\varphi_3=2\Sigma B^j_{kj}\omega^k$, $\varphi_4=2\Sigma B^j_{kj}\overline{\omega}^k$ sont invariantes par les changements de repère (2), ce qui permet en général pour $n\leq 4$ de déterminer le repère canoniquement; à la structure $\mathfrak{s}$ sont associés en général quatre champs P_1, P_2, P_3, P_4 de $(2n-2)$-éléments complexes ([2]) définis respectivement par $\varphi_1=0$, $\overline{\varphi}_1=0$; $\varphi_2=0$, $\overline{\varphi}_2=0$; $\varphi_3=0$, $\overline{\varphi}_3=0$; $\varphi_4=0$, $\overline{\varphi}_4=0$ ([3]).

Si l'on effectue la transformation $\mathfrak{T}_\lambda$ définie par $\varpi^j=\lambda\omega^j$ où λ est un scalaire qu'on peut supposer de module 1 (soit $\lambda=\cos\rho+i\sin\rho$), on transforme les champs C_1 et C_2 en deux champs $(C_1)_\lambda$ et $(C_2)_\lambda$ définis respectivement par

$$\alpha^j\sin\rho+\beta^j\cos\rho=0 \qquad \text{et} \qquad \alpha^j\cos\rho-\beta^j\sin\rho=0 \qquad (j=1,\ldots,n).$$

Les formes φ_3 et φ_4 étant respectivement transformées en $\lambda^4\varphi_3$ et $\lambda^2\varphi_4$, *la transformation* $\mathfrak{T}_\lambda$ *laisse invariants les champs complexes* P_3 *et* P_4. La forme $\psi_1=\varphi_1-\overline{\varphi}_1$, transformée en $\psi'_1=\psi_1+2(n-1)\,d\lambda/\lambda$ sera appelée *forme de torsion.*

De même que pour les structures presque hermitiennes (II), on définit la *courbure conforme* par : $\Pi^j_s=\Omega^j_s-\delta^j_s\Sigma\Omega^l_l/n$; *la première torsion conforme* est définie par : $\Pi^j=\Omega^j-\varphi_1\wedge\omega^j/(n-1)$, la deuxième torsion conforme étant par définition identique à la deuxième torsion.

Théorème 3. — *Pour qu'il existe une fonction* λ *telle que la structure* $\mathfrak{s}_\lambda$ *associée aux champs* $(C_1)_\lambda$ *et* $(C_2)_\lambda$ *soit intégrable, il faut et pour* $n>2$, *il suffit que la courbure et la torsion conformes soient nulles* ([4]).

Théorème 4. — *Lorsque la structure est complexe, pour qu'il existe une fonction* λ *telle que les champs* $(C_1)_\lambda$ *et* $(C_2)_\lambda$ *soient complètement intégrables, il faut et il suffit que la torsion conforme et la différentielle de la forme de torsion soient nulles.*

([3]) Pour $n=2$, le champ P_3 est identique au champ P associé à la structure presque complexe (P. Libermann, *Bull. Sc. Acad. Roy. Belgique*, 1950).

([4]) Si $n>2$, $\Pi^j=0$ entraîne $d\psi_1=0$ (*voir* II); si $n=2$, $\Pi^j=0$ identiquement, mais il faut ajouter la condition $d\psi_1=0$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Équations de Lagrange et équations canoniques.* Note (*) de M. **Marcel Mendes**, présentée par M. Jean Chazy.

Étude du passage des équations de Lagrange aux équations canoniques : réciprocité des fonctions génératrices des deux systèmes d'équations. Équivalence des systèmes canoniques à même nombre de degrés de liberté. Généralisation des équations canoniques dans un cas étudié par Delassus.

1. Soit un problème de Mécanique se résolvant au moyen des équations de Lagrange engendrées par une fonction $L(q, q', t)$. Les variables p conjuguées des q et la fonction génératrice $H(q, p, t)$ des équations canoniques correspondantes étant définies par les relations

$$p = \frac{\partial L}{\partial q'}, \qquad H = \Sigma pq' - L,$$

on a, inversement,

$$q' = \frac{\partial H}{\partial p}, \qquad L = \Sigma pq' - H.$$

Le fait que ces dernières relations se déduisent des premières par échange des variables q', p et des fonctions L, H, montre que, si l'on considère un second problème se résolvant au moyen des équations de Lagrange engendrées par la fonction $H(q, q', t)$, le système canonique correspondant est engendré par la fonction $L(q, p, t)$.

De sorte qu'à chaque problème défini par les fonctions génératrices de Lagrange et de Hamilton $L(q, q', t)$, $H(q, p, t)$ correspond un autre problème défini par les fonctions $H(q, q', t)$, $L(q, p, t)$ obtenues par échange des q' et p.

Un problème sera son propre associé si l'on a $H(q, q', t) \equiv L(q, q', t)$. C'est le cas des *systèmes ponctuels* à fonction de forces nulle définis par $L = 1/2\, \Sigma q_i'^2$.

2. Soit une transformation canonique $(q, p) \to (Q, P)$ pouvant dépendre de t, telle que l'on ait

$$\Sigma(kP\,\delta Q - p\,\delta q) = \delta V(q, Q, t) \qquad (k = \text{const.}).$$

A la nouvelle fonction hamiltonienne $\mathcal{H}$ définie par l'égalité

$$k\mathcal{H}(Q, P, t) = H(q, p, t) - \frac{\partial V}{\partial t}$$

correspond la nouvelle fonction lagrangienne $\mathcal{L}$ définie par

$$k\mathcal{L}(Q, Q', t) = L(q, q', t) + \frac{dV}{dt}.$$

S'il y a conservation des q, V ne dépendant alors que des q et de t, on retombe sur les fonctions génératrices équivalentes de Delassus ([1]).

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) *Leçons sur la Dynamique des systèmes matériels*, p. 74.

3. Soient les deux systèmes d'équations canoniques définis par les fonctions $H(q, p, t)$, $\mathcal{H}(Q, P, t)$. On passe de l'un à l'autre par le changement de variables défini par

$$kP = \frac{\partial V}{\partial Q}, \qquad p = -\frac{\partial V}{\partial q}, \qquad (k, \text{ constante arbitraire}),$$

$V(q, Q, t)$ étant une intégrale de l'équation

$$(1) \qquad k\mathcal{H}\left(Q, \frac{1}{k}\frac{\partial V}{\partial Q}, t\right) = H\left(q, -\frac{\partial V}{\partial q}, t\right) - \frac{\partial V}{\partial t}.$$

On en déduit que *l'intégration d'un système canonique se ramène à celle d'un système canonique arbitraire à même nombre de variables et à la recherche d'une intégrale particulière d'une équation aux dérivées partielles de la forme* (1) [2].

4. Delassus a étudié [3] les problèmes se ramenant, l'opération D_λ appliquée à une fonction des q, q', t étant définie par

$$D_\lambda = \frac{d}{dt} + \lambda \frac{\partial}{\partial t},$$

à l'intégration des équations

$$D_\lambda\left(\frac{\partial L}{\partial q'}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0.$$

Posant encore $\partial L/\partial q' = p$, on obtient, comme généralisation des équations canoniques,

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p}, \qquad D_\lambda p = \frac{dp}{dt} + \lambda \frac{\partial A}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial q},$$

A désignant, dans la portion homogène du premier degré aux q' de L, le coefficient de q'. La considération de ces équations permet de retrouver facilement les résultats de Delassus.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la relation de phase luminosité-vitesse des céphéides.* Note de Mme **Perrine Dumézil-Curien**, présentée par M. André Danjon.

On étudie les conditions de raccordement à une surface de discontinuité de γ dans les couches extérieures d'une étoile pulsant radialement. Il semble que la considération d'une ou plusieurs discontinuités de ce type permettrait d'obtenir une explication quantitative de la relation de phase observée.

Les efforts pour rendre compte du déphasage observé chez les céphéides entre la variation du flux lumineux à la surface et le déplacement par les phé-

---

[2] *Cf.* H. Vergne, *Bull. Sci. math.*, **41**, 1917, p. 331.

[3] *Bull. Sci. math.*, **49**, 1925, p. 8.

nomènes de dissipation dans les couches extérieures de l'étoile [1], [2], n'ont pas réussi à expliquer la grande valeur de ce déphasage (70-80°). Mais on prenait le rapport des chaleurs spécifiques γ constant dans toute l'étoile, négligeant ainsi les variations d'énergie interne d'ionisation dans la zone $(\mathcal{I})$ où H est partiellement ionisé; or les variations de luminosité observées sont de l'ordre de grandeur de l'énergie d'ionisation dans $(\mathcal{I})$. Eddington [3] le premier a attiré l'attention sur l'importance de cette zone où γ peut devenir voisin de 1. Jevakin [4] l'a étudiée récemment au point de vue de l'origine et du maintien des pulsations, mais aucune étude quantitative du déphasage ne semble encore avoir été tentée.

En venant de l'intérieur de l'étoile (où $\gamma = 5/3$) la diminution de γ est très rapide, en sorte qu'en première approximation on peut assimiler la région où elle se produit à une surface de discontinuité de γ, (S), de part et d'autre de laquelle on aurait γ et γ' constants $(\gamma' < \gamma = 5/3)$. La variation rapide de γ est liée à l'apparition dans l'expression de l'énergie interne par gramme de matière, E, d'un terme variable supplémentaire, l'énergie interne d'ionisation E_i :

$$E = \frac{3}{2}\frac{p}{\rho} + E_i = \frac{3}{2}\frac{p}{\rho} + \frac{X}{H}\chi_H x,$$

X est l'abondance en H par gramme, χ_H et x le potentiel et le degré d'ionisation de H; (je ne tiens compte ici que de l'ionisation de H, quitte à examiner plus tard l'effet de discontinuités plus profondes, dues aux ionisations de He). A la discontinuité de γ correspond donc une faible discontinuité de $x (x = 1, x')$, entraînant néanmoins une discontinuité appréciable sur E, à cause de la valeur élevée de χ_H; c'est cette discontinuité dans E qui peut entraîner une discontinuité dans la variation du flux F, en amplitude et en phase : au cours de la pulsation, (S) se déplace, définissant les variations de l'épaisseur de $(\mathcal{I})$; pendant la contraction $(V < 0)$, des particules d'énergie E' passent dans le milieu d'énergie $E > E'$; pour cela l'énergie doit être empruntée au flux de chaleur et $F - F' > 0$; inversement pendant la dilatation $(V > 0)$, on doit avoir $F - F' < 0$.

Les travaux signalés [1], [2], ont montré que du côté intérieur de (S) il ne se produisait pas de déphasage appréciable. J'examine ici ce qui se passe à l'entrée de $(\mathcal{I})$ et je donne les conditions de raccordement en (S) permettant de calculer les valeurs V', p', ρ', T' et F' de la vitesse de pulsation, de la pression, de la densité, de la température et du flux du côté extérieur de (S) à partir des valeurs V, p, ρ, T et F de l'autre côté. Avec ces nouvelles valeurs

---

(1) EDDINGTON, *Monthly Notices R. A. S.*, **87**, 1927, p. 414.

(2) SCHWARZSCHILD, *Z. Astrophys.*, **15**, 1938, p. 14.

(3) *Monthly Notices R. A. S.*, **101**, 1941, p. 182.

(4) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, **62**, 1948, p. 191.

initiales et γ' constant $< \gamma$, on pourra tenter ultérieurement une résolution approchée des équations de la pulsation du côté extérieur de (S).

Dans l'étoile au repos, p, T et F sont continus à travers (S) mais la discontinuité sur x entraîne des discontinuités sur E, $\mu = \mu_0(1+x)$ [1] (poids moléculaire moyen) et ρ(ρ/μ continu).

Quand l'étoile pulse, (S) se déplace avec une vitesse u; les conditions de raccordement remplaçant en (S) les équations différentielles du mouvement expriment la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie

$$(1)\qquad \rho(u-V) = \rho'(u-V'),$$

$$(2)\qquad \rho(u-V)(V'-V) = p'-p,$$

$$(3)\qquad \rho(u-V)\left(E-E'+\frac{1}{2}V^2-\frac{1}{2}V'^2\right) = pV - p'V' + F - F',$$

[(1), (2), (3) ne sont autres que les équations de Rankine-Hugoniot au front d'une onde de choc, où l'on tient compte dans (3) du flux de chaleur dans l'étoile].

Si l'on adjoint à ces trois équations, l'équation des gaz parfaits

$$(4)\qquad \frac{p}{\rho}\frac{\mu}{T} = \frac{p'}{\rho'}\frac{\mu'}{T'} = \left(\frac{k}{H}\right)$$

et la condition de continuité de la température

$$(5)\qquad T'-T=0$$

provenant de l'intégration instantanée de l'équation de transfert sur l'épaisseur infiniment petite de (S), ces cinq équations permettent de déterminer rigoureusement à chaque instant V', p', ρ', T', F' à partir de V, p, ρ, T, F.

Mais on peut obtenir directement, au troisième ordre près, une expression de F' — F; (3) s'écrit en effet à l'aide de (1) et (2)

$$F'-F = \rho(u-V)\left[E'-E+\frac{p'}{\rho'}-\frac{p}{\rho}+\frac{1}{2}(u-V)^2\left\{\left(\frac{\rho}{\rho'}\right)^2-1\right\}\right]$$

ou, en tenant compte de (4), (5), des expression de E et de μ et en négligeant le terme en $(u-V)^3$

$$(6)\qquad F'-F = \rho(u-V)\frac{kT}{\mu_0 H}(x'-x)\left(\frac{5}{2}+\mu_0 X\frac{\chi_H}{kT}\right) = (u-V)\,p\,\frac{x'-x}{1+x}\left(\frac{5}{2}+\mu_0 X\frac{\chi_H}{kT}\right).$$

Il faut noter qu'au deuxième ordre près, à cause de la continuité du flux et de sa divergence dans l'étoile au repos, F' — F est égal à la discontinuité $\delta F' - \delta F$ sur la variation de Lagrange du flux à travers la surface du fluide dont la position moyenne coïncide avec celle de (S). D'autre part le mouvement de (S) peut être défini en première approximation comme le mouvement

d'une surface où x reste constant : quand V est < 0, l'ionisation augmente, u est > 0 : u varie donc en opposition de phase avec V; par suite $\partial F' - \partial F$ varie en phase avec V.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Espace physique et espace-temps d'un observateur en relation avec d'autres observateurs*. Note de Mme **Florence Aeschlimann**, présentée par M. Louis de Broglie.

On examine les conditions imposées à l'espace physique et à l'espace-temps d'un observateur qui échange des signaux avec d'autres observateurs. Examen du rôle d'un « Weltbild ».

1° Dans des Notes précédentes (¹), nous avons examiné la façon dont un observateur solitaire construit un espace physique en le considérant, non comme une réalité objective, mais comme un cadre de représentation de ses résultats de mesures. L'observateur se place à l'origine des coordonnées; en son voisinage (domaine de ses expériences géométriques directes), la géométrie euclidienne est pratiquement valable. Au moyen de signaux du type radar, il attribue aux systèmes très éloignés des distances conventionnelles soumises à une condition de raccordement au domaine de l'expérience géométrique. Un tel espace est largement indéterminé et les conditions imposées sont telles que *l'espace-temps est métrisable* selon une métrique de Riemann non univoquement déterminée.

Examinons maintenant le cas de deux observateurs Ob_A et Ob_B qui échangent des signaux codés et observent un système S réfléchissant les signaux (²); Ob_A, dans son espace-temps $(R_{4,A})$, représente l'observateur Ob_B par le point B et le système par le point P; de même, Ob_B dans son espace-temps $(R_{4,B})$ représente Ob_A par le point A′ et S par le point P′. Les rayons AB de $(R_{4,A})$ et A′B′ de $(R_{4,B})$ jouent un rôle particulier pour Ob_A et Ob_B; par suite de l'échange de signaux codés, tout événement pour Ob_A en est un pour Ob_B et inversement. Il existe alors une transformation $\mathbf{T}_{AB}$ de la représentation spatio-temporelle de Ob_A en celle de Ob_B telle que $\mathbf{T}_{BA} = \mathbf{T}_{AB}^{-1}$ et tout point de AB se trouve transformé en un point de A′B′; c'est-à-dire que si S est aligné avec Ob_A et Ob_B, soit $P \in AB$, on a $P' = \mathbf{T}_{AB}P$ et $P' \in A'B'$. De plus, $\mathbf{T}_{AB}$ est une transformation de contact et l'on a sur AB/A′B′ la relation

$$ds^2 = F_{AB}\, ds'^2 \qquad (\text{où } ds^2 = c^2 dT^2 - dR^2,\ ds'^2 = c^2 dT'^2 - dR'^2).$$

Si l'on considère les représentations spatio-temporelles de trois observateurs Ob_A, Ob_B, Ob_C échangeant des signaux codés, on a $\mathbf{T}_{AC} = \mathbf{T}_{BC}\mathbf{T}_{AB}$ et

(¹) F. Aeschlimann, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 552; **230**, 1950, p. 519.

(²) *voir* J. L. Destouches, *Corpuscules et Systèmes de Corpuscules*, Paris 1941 et Causse, *Thèse*, Paris, 1949.

par suite *l'ensemble des transformations des représentations spatio-temporelles constitue un groupe*. Les conditions ainsi imposées à un espace tel que $(R_{t,A})$ sont insuffisantes pour le déterminer univoquement; sa métrique en particulier n'est pas complètement fixée car l'observateur n'a tenu compte que de conditions cinématiques liées aux échanges de signaux alors qu'une métrique est étroitement liée au principe de l'inertie, aux lois de la dynamique et aux lois des champs.

2. Dans $(R_{t,A})$, l'observateur Ob_A représente aussi bien les systèmes macroscopiques que les systèmes microscopiques; toute connaissance sur ceux-ci nécessite l'utilisation d'un appareil de mesure et implique donc un indéterminisme. Notons que, tant que l'observateur choisit de ne faire aucune mesure (abstention), l'évolution du système S est indépendante de lui et comme il a renoncé à l'arbitraire dont il disposait avant le choix, il peut construire un tableau du monde (Weltbild) dont la description est objectiviste. Cette description constitue une théorie de l'univers dans son ensemble puisque l'observateur ne sachant rien des corpuscules du fait de son abstention, est amené à les décrire dans l'univers. Or une théorie de l'univers dans son ensemble est objectiviste et déterministe.

La condition précédente ne suffit pas à fixer complètement ce « Weltbild » mais lui impose de fournir, à l'échelle macroscopique, les mêmes indications que la théorie prévisionnelle, c'est-à-dire que (R_4) *doit être une réalisation d'un* $(R_{t,A})$ *d'un observateur* Ob_A *quelconque de l'ensemble des observateurs considérés*. Aux conditions générales de la théorie prévisionnelle s'ajoutent, pour la description d'un système ou d'un corpuscule présent dans l'univers, des conditions de cohérence interne de ce « Weltbild » dérivant d'une théorie relativiste unitaire et permettant de déterminer en partie l'opérateur d'évolution $\mathfrak{U}$ (non entièrement fixé par les conditions générales de prévisions et d'échanges de signaux). Il se peut que les exigences internes d'une telle théorie unitaire soient suffisamment fortes pour déterminer complètement l'opérateur $\mathfrak{U}$ en fixant les lois d'interaction et les valeurs des grandeurs univalentes; mais ces conditions ne fournissent aucune indication sur les valeurs des grandeurs dont le spectre comprend plus d'un élément, ces valeurs ne pouvant être fixées que par des mesures. Dans toute description théorique, on est donc obligé de tenir compte des opérations de mesures auxquelles se livrent les observateurs ainsi que du calcul des prévisions pour des résultats de mesures ultérieures; comme les opérations de mesures sur un système S ne peuvent être décrites dans un tableau objectif de l'univers, le « Weltbild » d'une théorie unitaire ne peut suffire à lui seul. Ces considérations nous conduisent à l'idée d'une *complémentarité univers-système* permettant d'unifier les théories de la relativité générale et les théories quantiques. Il est important de remarquer qu'il s'agit d'une complémentarité d'un type différent de celle de M. Bohr; cette dernière concerne des types de mesures qui s'excluent

tandis que nous envisageons ici une complémentarité entre la description des actions des observateurs et la représentation de l'évolution de l'univers. Aucun de ces deux aspects ne peut suffire ni remplacer l'autre; les deux doivent être pris en considération et c'est sur ces bases qu'on peut construire une théorie unifiante non-contradictoire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Aspect informationnel de certaines relations d' « incertitude »*. Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On présente sous forme informationnelle, une extension de la relation liant l' « incertitude » sur l'instant moyen d'un signal à l' « incertitude » sur sa fréquence moyenne. (Remarque sur les relations d'incertitude de la mécanique quantique).

D'après D. Gabor [1] il n'est pas possible de déterminer, par observation, à la fois l' « instant moyen » et la « pulsation moyenne » d'un signal $f(t)$ autrement qu'avec des « incertitudes » Δ_t et Δ_ω, liées par l'inégalité

$$\Delta_t \Delta_\omega \geqq \frac{1}{2\pi},$$

dont l'origine se trouve, d'ailleurs, dans les propriétés mathématiques de la transformation de Fourier.

Généralisant ce résultat, on peut dire qu'il est impossible de déterminer, par observation [2], à la fois la localisation moyenne en (x, y, z, t) et la localisation moyenne en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ d'un phénomène, décrit par une fonction $f(x, y, z, t)$ de transformée de Fourier à quatre variables $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Si $\Delta_{x,y,z,t}$ est l'extension du domaine d' « incertitude » sur la localisation moyenne en (x, y, z, t) et $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$ celle relative à la localisation en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$, on a

$$\Delta_{x,y,z,t}\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega} \geqq \left(\frac{1}{2\pi}\right)^n, \tag{1}$$

n étant le nombre des variables (x, y, z, t) intervenant effectivement

Supposons connu, *a priori*, des renseignements relatifs à la localisation moyenne en (x, y, z, t) et à celle en $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Supposons, plus précisément, que les domaines d' « incertitude » ne puissent avoir des extensions supérieures à U en ce qui concerne $\Delta_{x,y,z,t}$ et à Y en ce qui concerne $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$. L'inégalité (1) peut alors prendre la forme

$$\frac{\Delta_{x,y,z,t}}{U}\,\frac{\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}}{Y} \geqq \frac{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}{UY}.$$

(*) Séance du 12 novembre 1951.

(1) *Journal of the Institution of electrical engineers*, 1946, p. 429.

(2) *Voir* nos deux Notes précédentes, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1350 et 1428.

Mais les logarithmes de base deux de $\Delta_{x,y,z,t}/U$ et de $\Delta_{\lambda,\mu,\nu,\omega}/Y$ sont les quantités d'information que nous possédons, après avoir effectué l'observation projetée, sur les deux localisations moyennes du phénomène. Soient $I_{x,y,z,t}$ et $I_{\lambda,\mu,\nu,\omega}$ ces quantités d'information, nous avons

$$(2)\qquad I_{x,y,z,t}+I_{\lambda,\mu,\nu,\omega}\leq \mathrm{Log}_2\frac{UY}{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}.$$

Remarquons que $(1/2\pi)^n/Y$ est l'extension c du domaine d'« incertitude » minimum relatif à la localisation en (x, y, z, t) et que $(1/2\pi)^n/U$ est l'extension minimum γ relative à l'« incertitude » sur l'autre localisation. On a donc aussi

$$(3)\qquad I_{x,y,z,t}+I_{\lambda,\mu,\nu,\omega}\leq \mathrm{Log}_2\frac{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^n}{c\gamma}.$$

(Notons que les relations d'incertitude de la mécanique quantique, de nature différente des relations rencontrées ici mais de même origine mathématique, sont susceptibles d'une présentation informationnelle analogue. Il peut être nécessaire, pour les établir, de faire intervenir des domaines d'incertitude maximums, liés à un aspect hypermacroscopique de l'Univers et des domaines d'incertitude minimums liés à un aspect hypomicroscopique de l'Univers, suivant en cela les suggestions de A. Eddington).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul de la section efficace d'émission du bremsstrahlung électromagnétique*. Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul de la section efficace différentielle de l'émission du bremsstrahlung électromagnétique en complétant les résultats établis précédemment [1], [2] par une sommation sur les états de polarisation du quantum émis.

Dans deux Notes précédentes [1], [2], nous avons développé le formalisme général de la théorie du bremsstrahlung et notamment donné dans le cas des interactions électromagnétiques une expression de la section efficace différentielle correspondant à l'émission d'un photon d'énergie, impulsion et polarisation données dans le choc de deux corpuscules de spin $h/2$ représentés par les solutions de deux équations d'ondes de Dirac.

Nous nous proposons ici de compléter les résultats de la seconde de ces Notes en effectuant la sommation sur les états de polarisation (ondes transversales et onde longitudinale) du quantum émis en utilisant une méthode intro-

---

[1] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1038.
[2] *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 153.

duite par M. Feynman [3] que nous avons récemment discutée et généralisée [4].

Suivant le schéma général de la théorie du bremsstrahlung introduit dans les Notes citées, nous considérons deux corpuscules (1) et (2) représentés initialement et finalement par des ondes planes d'énergies et impulsions réduites, initiales et finales, K_1, $\mathbf{K}_1$, K_2, $\mathbf{K}_2$, $K_{1'}$, $\mathbf{K}_{1'}$, $K_{2'}$, $\mathbf{K}_{2'}$, de masses propres réduites μ_1, μ_2, de charges électriques e_1, e_2. Ces corpuscules entrent en interaction dans un processus de choc au cours duquel, d'une part ils sont liés par un couplage électromagnétique coulombien, et d'autre part, un photon K_0, $\mathbf{K}_0$, $\mu_0 \approx 0$ de polarisation $\mathbf{n}_0$ est émis.

Nous nous bornerons encore ici au cas où les corpuscules (1) et (2) sont distincts. Dans le cas où ces corpuscules seraient identiques, l'application du principe de Pauli conduirait à des expressions analytiques beaucoup plus complexes.

Nous utiliserons les notations

$$K_{mn} = -K_m K_n + (\mathbf{K}_m \mathbf{K}_n); \qquad q_{mn} = K_{mn} + \mu_m \mu_n; \qquad K_{mm} = -\mu_m^2; \qquad q_{mm} = 0;$$
$$\Lambda_m = K_m - (\mathbf{K}_m \alpha) - \mu_m \alpha_4; \qquad \Lambda_0 = K_0 - (\mathbf{K}_0 \alpha); \qquad K_{0m} = q_{0m}$$
$$(m,\ n = 1,\ 2,\ 1',\ 2',\ 0).$$

La conservation de l'énergie et de l'impulsion nous donne

$$K_1 + K_2 = K_{1'} + K_{2'} + K_0; \qquad \mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_{1'} + \mathbf{K}_{2'} + \mathbf{K}_0.$$

Nous en déduisons les relations entre q_{mn} :

$$q_{11'} - q_{22'} = q_{01'} - q_{01} = q_{02} - q_{02'}; \qquad q_{11'} + q_{22'} = q_{12} + q_{1'2'} - q_{12'} - q_{21'};$$
$$q_{01} + q_{02} = q_{01'} + q_{02'}; \qquad q_{12} - q_{1'2'} = q_{01} + q_{02'}; \qquad q_{12'} - q_{21'} = q_{02} - q_{01'}.$$

Écrivant les éléments de matrices d'émission du photon et de l'interaction coulombienne sous la forme

$$e_i \left(\frac{\hbar c}{2 K_0} \right)^{\frac{1}{2}} (\Omega_0)_{ij} \qquad \frac{e_1 e_2 (\alpha^\lambda)_{ij} (\alpha_\lambda)_{kl}}{2 q_{kl}} = \frac{e_1 e_2 [(\alpha)_{ij}(\alpha)_{kl} - (1)_{ij}(1)_{kl}]}{2 q_{kl}},$$

l'élément de matrice général s'écrit

$$H'^{(1)} = \frac{e_1 e_2}{4\sqrt{2\hbar c K_0}} \left\{ \frac{e_1}{q_{22'}} \left[\frac{\Omega_0 (\Lambda_1 - \Lambda_0) \alpha^\lambda}{q_{01}} - \frac{\alpha^\lambda (\Lambda_{1'} + \Lambda_0) \Omega_0}{q_{01'}} \right]_{11'} (\alpha_\lambda)_{22'} \right.$$
$$\left. + \frac{e_2}{q_{11'}} \left[\frac{\Omega_0 (\Lambda_2 - \Lambda_0) \alpha^\lambda}{q_{02}} - \frac{\alpha^\lambda (\Lambda_{2'} + \Lambda_0) \Omega_0}{q_{02'}} \right]_{22'} (\alpha_\lambda)_{11'} \right\}.$$

Le calcul de la section efficace de diffusion nous conduit à évaluer $\overline{|H'^{(1)}|^2}$. Dans le calcul que nous avons effectué précédemment [2], $\Omega_0 = (\mathbf{n}_0 \boldsymbol{\alpha})$. Dans le cas où l'on considère avec des probabilités égales l'émission du quantum $\mathbf{K}_0$

---

(3) R. P. Feynman, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 780.

(4) *J. Phys.* (à paraître).

dans les deux états d'ondes transversales et dans l'état d'onde longitudinale, on montre [3], [4] que l'on obtient la section efficace totale pour ces trois états en remplaçant Ω_0 par l'une des quatre matrices α, 1, soit α^{μ}, d'où un hamiltonien vectoriel $H'^{(1)\mu}$ et en calculant, au lieu de $\overline{|H'^{(1)}|^2}$ la somme sur l'indice μ, $\overline{H'^{(1)\mu}\tilde{H}'^{(1)}{}_{\mu}}$.

Écrivant

$$\overline{H'^{(1)\mu}\tilde{H}'^{(1)}{}_{\mu}} = e_1^2 e_2^2 [32\, \hbar c\, K_0 K_1 K_2 K_{1'} K_{2'}]^{-1} |S|^2,$$

on obtient après un calcul de traces [5] sans difficultés

$$\begin{aligned}
|S|^2 = {} & \frac{8e_1^2}{(q_{22'})^2}\left[\frac{A(11';22')}{(q_{01})^2} + \frac{A(1'1;22')}{(q_{01'})^2} - \frac{B(11';22')}{q_{01}q_{01'}}\right] \\
& + \frac{8e_2^2}{(q_{11'})^2}\left[\frac{A(22';11')}{(q_{02})^2} + \frac{A(2'2;11')}{(q_{02'})^2} - \frac{B(22';11')}{q_{02}q_{02'}}\right] \\
& + \frac{8e_1e_2}{q_{11'}q_{22'}}\left\{\frac{1}{q_{01}q_{02}}[C(11';22') + D(11';22') - E(11';22') - E(22';11')]\right. \\
& \qquad + \frac{1}{q_{01'}q_{02'}}[C(1'1;2'2) + D(1'1;2'2) + E(1'1;2'2) + E(2'2;1'1)] \\
& \qquad - \frac{1}{q_{01}q_{02'}}[C(11';2'2) - D(11';2'2) + E(11';2'2) - E(2'2;11')] \\
& \qquad \left. - \frac{1}{q_{02}q_{01'}}[C(1'1;22') - D(1'1;22') - E(1'1;22') + E(22';1'1)]\right\},
\end{aligned}$$

avec si $i, k, j, l = 1, 1', 2, 2'$,

$$\begin{aligned}
A(ik;jl) &= -[2\mu_i^2 K_{jk}K_{lk} + q_{0i}(q_{0l}K_{jk} + q_{0j}K_{lk}) \\
&\qquad + \mu_j^2 q_{0i}q_{0k} + \mu_i^2 q_{jl}(\mu_i^2 + \mu_j^2 + q_{jl})], \\
B(ik;jl) &= (q_{ik} + q_{jl} - 2\mu_i^2)(K_{ij}K_{kl} + K_{il}K_{jk}) + 2q_{0i}K_{jk}K_{lk} - 2q_{0k}K_{ij}K_{il} \\
&\qquad + 2q_{ik}q_{0j}q_{0l} + q_{ik}q_{jl}(q_{jl} - q_{ik}) + 2q_{jl}(\mu_i^2 + \mu_j^2)(q_{ik} - \mu_i^2), \\
C(ik;jl) &= (K_{12}K_{1'2'} + K_{12'}K_{21'} + \mu_1^2 q_{22'} + \mu_2^2 q_{11'})(K_{ij} + K_{kl}), \\
D(ik;jl) &= q_{0i}q_{0j}K_{kl} + \mu_i^2 q_{0j}q_{0l} + \mu_j^2 q_{0i}q_{0k}, \\
E(ik;jl) &= K_{ij}(q_{0k}K_{il} + q_{0i}K_{kl}) - q_{0j}q_{ik}K_{il} + \mu_i^2(q_{0j}K_{kl} + q_{0l}K_{ij}).
\end{aligned}$$

ACOUSTIQUE. — *Théorie de l'information. Sur les éléments d'information spatiale dans l'audition microphonique.* Note (*) de M. **André Moles**, transmise par M. René Barthélemy.

Dans la transmission des sons par les canaux microphoniques l'élément d'information spatiale est la distance minima perceptible par l'auditeur entre deux positions distinctes de la source du son. Les expériences effectuées montrent que celle-ci est de l'ordre de 1 à 2 m dans une salle normale. L'information spatiale est donc faible et il est plus économique de la transmettre dans le même canal que le signal acoustique.

On admet généralement que l'un des principaux facteurs contribuant à

---

[5] G. Petiau, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 565.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

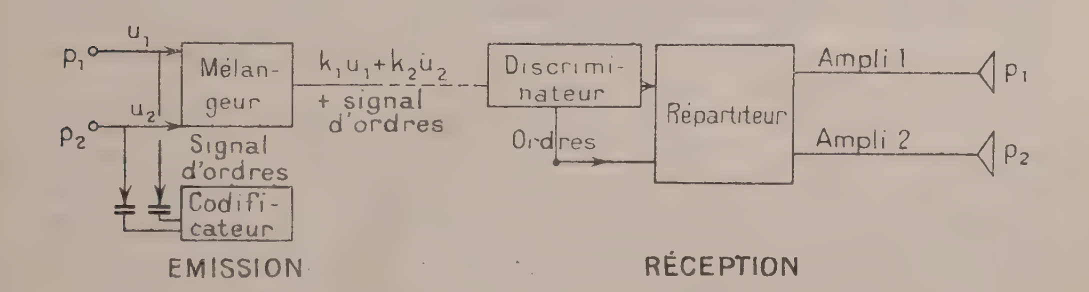
recréer l'illusion de « présence » dans les transmissions des sons est la perception stéréophonique, c'est-à-dire la localisation par l'auditeur de la source sonore dans un espace fictif en correspondance affine avec l'espace dans lequel se meut réellement celle-ci.

De nombreuses expériences effectuées ces dernières années, il résulte que cette illusion de localisation spatiale doit être attribuée à deux causes principales : 1° la localisation angulaire due à l'écoute binauriculaire, les deux oreilles de l'auditeur recevant des signaux sonores de phases distinctes, facteur surtout sensible au-dessous de 800 Hz; 2° le facteur d'intensités relatives qui conduit l'auditeur à placer la source dans une direction où le son lui parvient plus intense. Il paraît établi que le second facteur est prépondérant et qu'il suffit, dans la plupart des cas, à fournir, pour une source unique, une localisation spatiale satisfaisante. C'est donc à la transmission des relations d'intensité entre les divers points de l'espace où est émis le son que devra s'attacher un système de transmission stéréophonique.

Le schéma général d'une telle transmission, quand on cherche à recréer une seule dimension de l'espace sonore, comporte 2 canaux de transmission différents complets : microphone, amplificateur, émetteur, récepteur, haut-parleur. L'illusion des 3 dimensions ne pourrait être fournie qu'en utilisant 4 canaux distincts transmettant les sons recueillis par 4 microphones placés, par exemple, aux 4 sommets d'un tétraèdre régulier et les distribuant à 4 haut-parleurs placés de façon correspondante à l'endroit où se trouve l'auditeur. De tels dispositifs requièrent un matériel considérable, surtout si l'on prend en considération les dépenses qu'occasionneraient, par exemple en radiodiffusion, l'immobilisation de 2 ou 3 canaux (réseaux d'émetteurs) et l'encombrement des fréquences correspondantes. Il sera donc utile de chercher quelle est la précision de l'information spatiale relative à la position de la source sonore dans l'espace émetteur pour apprécier si cet encombrement est justifié.

Nous avons effectué une série d'expériences dans un système à 3 canaux reliant une salle émettrice de 250 m^3 environ dont la réverbération est de l'ordre de 1,5 s correspondant à un studio type de radiodiffusion et une salle réceptrice sourde où étaient placés les sujets groupés par 4 au centre des 3 radiateurs sonores. 60 sujets au total ont cherché à placer, en des points repérés à l'avance de l'espace acoustique de représentation, les déplacements inconnus d'un speaker ou d'un violoniste aux points correspondants de l'espace émetteur. En réduisant la distance entre les points où ils se plaçaient, arrivait une limite au-dessous de laquelle les sujets n'étaient plus capables de discerner de différence : c'était l'élément minimum d'information spatiale. Ces essais ont été repris plusieurs fois pour tenir compte de l'accoutumance et de l'apprentissage de la perception spatiale qui se produit au cours des premières expériences.

On a trouvé que dans la salle précédente cette précision ne descend guère au-dessous de 1 à 1,5 m dans le triangle formé par les 3 microphones, 2 à 5 m en dehors de celui-ci. Il en résulte que, dans la salle précédente, il n'y a pas plus d'environ 200 à 300 positions différentes acoustiquement reconnaissables, ceci étant dû aux phénomènes de sources images acoustiques qui se forment sur les murs de la salle. La sensibilité spatiale est un peu accrue (1 m) dans une salle dont la réverbération est abaissée à 0,4 s. Si l'on suppose que la source sonore se déplace à une vitesse de 5 m : s, il en résulte qu'il ne peut y avoir, dans une transmission stéréophonique effectuée dans une telle salle, plus de 200 × 5 = 1000 éléments d'information spatiale. C'est là un nombre très faible vis-à-vis des éléments d'information acoustique proprement dits, qui est de l'ordre de 240 000 sons distincts par 1/10e de seconde (Stevens). Il apparaît que l'information spatiale est très pauvre devant le reste de l'information acoustique : l'immobilisation de 2 ou 3 canaux normaux correspond alors à un très mauvais rendement de ceux-ci. En d'autres termes, il serait plus intéressant d'incorporer l'information spatiale dans une région inutilisée (infrasons par exemple) d'un canal unique et un dispositif répondant à ces conditions a été breveté.



Un tel système (*fig.* 1) utilise les tensions produites par 2 microphones collecteurs pour actionner, après redressement, un appareil de codification qui peut être un simple quotientmètre, mesurant le rapport des pressions incidentes sur les deux microphones et actionnant un générateur de signaux d'ordres choisis tels qu'on puisse les superposer sans inconvénient au signal principal dans un canal unique. A la réception, on sépare signal d'ordres et signal principal, le premier commandant un répartiteur qui règle le rapport des niveaux sonores produits par deux haut-parleurs : ceux-ci reproduisent, dans l'espace récepteur, les rapports de niveaux instantanés régnant dans l'espace émetteur. Ce système n'est évidemment valable que quand la source est concentrée en un point, ce qui est le cas général des transmissions parlées.

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la microscopie ionique par transmission.* Note de M. **Maurice Gauzit**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Description d'un canon très simple formant un faisceau d'ions Li^+ très intense. Les premiers résultats obtenus donnent un pouvoir séparateur de 200 Å environ dans l'image ionique de cristaux de ZnO au grossissement direct de 12 500.

Nous avons adapté à la microscopie par transmission l'usage des substances synthétiques émettant des ions sous très forte intensité spécifique dont la synthèse et l'étude ont été faites récemment par G. Couchet [1], [2].

Ce spodumène synthétique émettant des ions Li^+, permet de construire une source d'ions très simple : à l'extrémité d'un filament de tungstène en épingle à cheveux très effilée, on met une petite boule de produit préalablement réduit en poudre et légèrement humidifié. Un simple chauffage sous vide par passage de courant dans le fil permet au spodumène de se vitrifier. L'usage de cette source en microscopie ionique par transmission, n'entraîne aucun changement dans la structure du microscope utilisé ni de son canon; elle donne un faisceau assez intense pour que les images soient observables utilement au grossissement 12 000. Elle est aussi ponctuelle que la source d'électrons habituellement utilisée, insensible aux contaminations par un mauvais vide, elle ne dégage pratiquement aucun gaz et a une durée de vie d'environ 1 h.

Nous avons utilisé un des microscopes électrostatiques du Laboratoire de Radioélectricité de l'E. N. S, donnant des grossissements directs variant de 3 000 à 12 500. Nous avons changé le signe de la haute tension, réduit le diamètre du diaphragme du wehnelt (*fig.* 1), et remplacé la polarisation automatique du wehnelt par résistance par des piles (0 et 1200 V).

Pour l'observation visuelle, nous avons conservé l'écran au sulfure de zinc avec un liant d'acétate de cellulose. Sa fluorescence est suffisamment intense pour qu'il soit possible d'effectuer aux grossissements maxima une mise au point précise. Cet écran n'a pas montré de fatigue visible après plusieurs heures de fonctionnement. Nous avons utilisé des plaques Ilford type Q. Les plaques Q_3 les plus rapides, permettent de prendre des photographies aux grossissements d'environ 5 000 avec des temps de pose de l'ordre de 5 s. Mais leur granulation est gênante. Les plaques Q_1 nécessitent des poses plus longues, mais ont une finesse de grain bien supérieure. Avec un grossissement direct de 12 500, le temps de pose minimum est alors voisin de 30 s.

---

(1) G. Couchet, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1013.

(2) G. Couchet, M. Gauzit et A. Septier, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1087.

Signalons ici le curieux comportement de ce nouveau canon à ions : le diamètre du trou du wehnelt conseillé pour les électrons ne convient pas pour cette source d'ions. Sans polarisation il donne un large faisceau ionique. Si l'on polarise le wehnelt de quelques dizaines de volts, le faisceau est brusquement coupé et ne réapparaît pas pour des polarisations supérieures.

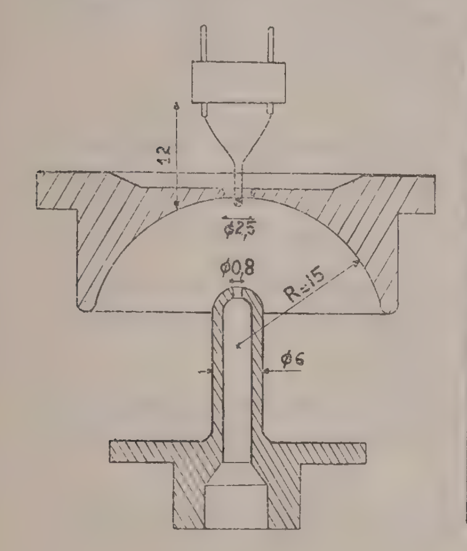


Fig. 1.

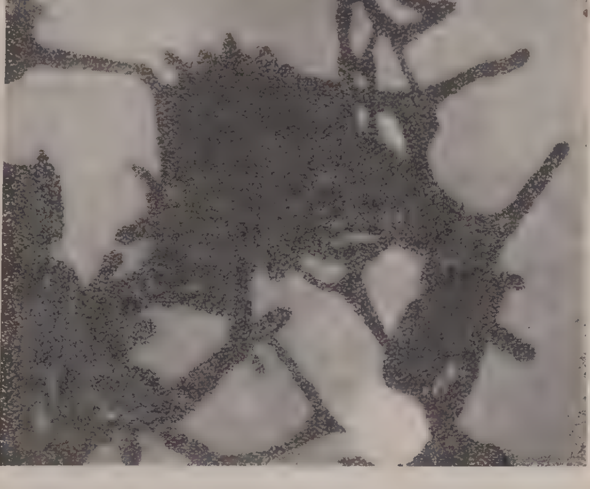


Fig. 2. — Oxyde de zinc.
Grossissement direct 12 500. Grossisement total 25 000.

Pour obtenir un pinceau fin, nous avons adopté un nouveau diamètre (2,5 mm) et une polarisation de l'ordre de 1000 V. Mais pour une position déterminée de la boule de spodumène dans le wehnelt le réglage optimum de la polarisation est très aigu et doit être fait à moins de 20 V près. De plus il est impossible d'obtenir le pinceau d'ions si l'on fait varier la polarisation en augmentant la valeur de la tension à partir de 0 V. On ne l'obtient qu'en faisant décroître très lentement la polarisation du wehnelt à partir de sa valeur maximum. En badigeonnant le wehnelt à l'aquadag on a atténué légèrement ces phénomènes parasites ce qui permet d'obtenir un faisceau en polarisation croissante.

Il n'est possible d'obtenir le pinceau très fin que pour des intensités de chauffage inférieures à une certaine valeur qui correspond peut-être à la fusion du spodumène. Ces phénomènes parasites sont peut-être dus aux électrons que le filament chauffant émet en abondance en même temps que les ions et aux électrons secondaires qu'ils donnent en frappant le wehnelt; nous espérons apporter des explications plus précises sur ce point ultérieurement.

La photographie des cristaux d'oxyde de zinc a été obtenue au grossisse-

ment direct de 12 500 sur des plaques Q_1 exposées pendant 30 s avec 23 500 V de haute tension. Le pouvoir séparateur est estimé à environ 200 Å. On reconnaît la « tache centrale » déjà observée par Boersch ([3]). Nous n'avons pas pu jusqu'ici y observer les structures que cet auteur avait indiquées.

Ces essais préliminaires laissent espérer qu'il sera possible d'obtenir d'un même instrument la même finesse d'image, qu'on éclaire les objets avec des électrons ou avec des ions Li.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie des rayons du troisième ordre dans la lentille électrostatique indépendante.* Note de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail antérieur ([1]) nous avons établi, moyennant certaines hypothèses de base, les expressions générales des trajectoires gaussiennes et transgaussiennes dans la lentille électrostatique indépendante.

Nous allons calculer ici d'une manière explicite, la marche des rayons du troisième ordre qui constituent la première approximation au-delà de l'optique gaussienne.

Dans les formules données en ([1]) nous supposerons négligeables les puissances de r_0/z_0 égales ou supérieures à quatre. Nous noterons par r_g le rayon de Gauss et par r_z le rayon du troisième ordre correspondant à l'incidence r_0. En conservant les notations antérieures, on trouve alors, par un développement en série de r_0 :

région d'incidence :

$$(1)\quad r_z = r_g - r_0^3 \frac{\beta^3(z+z_0)}{4\sqrt{2}\sqrt{1-\beta^2(z+z_0)^2}} \operatorname{sh}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z+z_0)\right];$$

région centrale :

$$(2)\quad r_z = r_g - r_0^3 \left[P(x) \cos\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi\right) + Q(z, x) \sin\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \operatorname{arc\,sh} \alpha z - \varphi\right)\right];$$

région d'émergence :

$$(3)\quad r_z = r_g - r_0^3 \left\{ R(x) \begin{matrix}\operatorname{ch}\\ \operatorname{sh}\end{matrix} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi\right]; \right.$$
$$\left. + S(x, z) \begin{matrix}\operatorname{sh}\\ \operatorname{ch}\end{matrix} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \arcsin \beta(z-z_0) - \psi\right] \right\};$$

([3]) Boersch, *Experientia*, 4, n° 1, 1948, p. 1-5.

([1]) E. Regenstreif, *Ann. Radioélectr.*, 6, 1951, p. 51-83 et 114-155.

avec

$$(4)\quad P(x)=\left[\frac{(1-k)(1+\lambda)^2\beta^2 z_0 \operatorname{sh}\beta_0}{4\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}+\frac{\frac{1-x}{z_0^2}\operatorname{sh}^2 2\beta_0}{16\operatorname{sh}\beta_0(1-k)^2(x+k-kx)}\right]\cos\gamma_0,$$

$$(5)\quad Q(x)=\frac{\alpha^3\operatorname{ch}^3\beta_0}{4\sqrt{2}\cos^3\gamma_0}\left(\frac{z}{\sqrt{1+\alpha^2+z^2}}+\frac{kz_0}{\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\right)$$
$$+\frac{\cos\gamma_0}{\operatorname{ch}\beta_0}\left[\frac{(1-k)\lambda\beta^2 z_0}{4\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}+\frac{(1-x)\frac{1}{z_0^2}\operatorname{sh}\beta_0\operatorname{ch}^3\beta_0}{4\lambda(1-k)^2(x+k-kx)}\right].$$

$$(6)\quad R(x)=(1+\lambda^2)\operatorname{sh}\beta_0\frac{-B\beta^3(1-k)z_0}{4A\sqrt{2}\sqrt{1-(1-k)^2\beta^2 z_0^2}}\pm\frac{A}{2B}\frac{\operatorname{ch}\beta_0}{\cos\gamma_0}\left(1+\frac{1}{\lambda^2}\right)\sin^2(\alpha_0-\varphi)$$
$$\times\left\{\frac{\alpha z_0}{2\sqrt{2}\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\left[\frac{k\alpha^2\operatorname{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}+\frac{\lambda^2\beta^2(1-k)\cos^2\gamma_0^2}{2\operatorname{ch}^2\beta_0}\right]\right.$$
$$\left.+\frac{\operatorname{sh}2\beta_0\cos^2\gamma_0(1-x)\frac{1}{z_0^2}}{8\lambda(1-k)^2(x+k-kx)}\right\},$$

$$(7)\quad S(x,z)=\frac{\operatorname{ch}\beta_0}{\cos\gamma_0}\frac{B}{A}\left[\frac{\beta^3(z-z_0)}{4\sqrt{2}\sqrt{1-\beta^2(z-z_0)^2}}\frac{\operatorname{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}\frac{B^2}{A^2}+T(x)\right],$$

$$(8)\quad T(x)=\pm\frac{A^2(1-x)\frac{1}{z_0^2}}{8\lambda^2 B^2(1-k)^2(x+k-kx)}$$
$$\times\left\{\sin 2(\alpha_0-\varphi)\operatorname{ch}^2\beta_0\frac{(1-k)[1\pm\sin^2(\alpha_0-\varphi)]\pm k\cos^2(\alpha_0-\varphi)}{\lambda\cos^2\gamma_0}\right.$$
$$\left.+\operatorname{sh}2\beta_0\cos^2\gamma_0\right\}$$
$$+\frac{\alpha z_0}{2\sqrt{2}\sqrt{1+k^2\alpha^2 z_0^2}}\left\{\pm\frac{A^2}{\lambda B^2}\left[\frac{k\alpha^2\operatorname{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}+\frac{\lambda^2\beta^2(1-k)\cos^2\gamma_0}{2\operatorname{ch}^2\beta_0}\right]\right.$$
$$\left.+\frac{\lambda B^2\operatorname{ch}^2\beta_0(1-k)\beta^2}{2A^2\cos^2\gamma_0}\right\}.$$

Les formules précédentes permettent de déterminer d'une manière explicite l'écart $\Delta r=r_z-r_g$ du rayon du troisième ordre par rapport au rayon gaussien : Δr est calculable numériquement et d'un seul coup pour toutes les lentilles électrostatiques indépendantes.

Le foyer optique du système lorsqu'il est extérieur à la lentille est donné par la racine de l'équation $r_g(z)=0$. On obtient alors dans le plan focal :

$$(9)\quad \Delta r_0=-r_0^3\left[\frac{\operatorname{ch}\beta_0}{\cos\gamma_0}\frac{B}{A}\frac{1}{\frac{\operatorname{sh}}{\operatorname{ch}}\psi}T(x)\pm\beta^2\frac{\frac{\operatorname{ch}}{\operatorname{sh}}\psi}{4}\frac{\operatorname{ch}^2\beta_0}{\cos^2\gamma_0}\frac{B^2}{A^2}\right].$$

L'expression (9) constitue l'aberration géométrique de la lentille pour le couple conjugué foyer-infini.

Dans ce cas le coefficient d'aberration sphérique ramène au plan objet :

$$C = Kf = \Delta r_0 \left(\frac{f}{r_0}\right)^3 \tag{10}$$

peut être calculé ainsi numériquement à partir de la structure électrique et géométrique de la lentille et à l'aide de formules ne comportant aucune intégration. Ces formules d'apparence compliquées mènent cependant à des calculs plus simples que les expressions classiques de Scherzer et Sturrock, car aucune intégration n'est plus à faire. Le calcul numérique qui sera développé dans une publication détaillée montrera que C (ou K) est minimum en même temps que f, en bon accord avec l'expérience.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'emploi des caoutchoucs chlorés comme films-supports d'objets en microscopie électronique.* Note de MM. **François Davoine** et **Émile Pernoux**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une communication antérieure [1], l'un de nous a déjà signalé la possibilité d'employer une membrane de caoutchouc chloré comme support de préparation en microscopie électronique. Désirant examiner une dispersion de particules dans l'alcool absolu, nous étions gênés par le fait que les supports usuels (collodion, formwar, etc.) sont détruits par ce liquide. Le caoutchouc chloré nous a donné des résultats satisfaisants. L'alkathène aurait convenu également [2] mais, d'une part, sa préparation est plus délicate et, d'autre part, il présente une structure parfois gênante.

Nous avons utilisé un caoutchouc chloré de masse moléculaire élevée, préparé par précipitation fractionnée selon la méthode décrite par R. Allirot [3].

Il est possible d'obtenir des membranes utilisables en microscopie électronique par deux procédés :

1° Dépôt sur une surface d'eau bi-distillée, à température ordinaire, d'une solution de caoutchouc chloré à 3 % dans le toluène pur. Une mince pellicule se forme, utilisable comme un film de collodion.

2° Étalement sur lame de verre d'une solution de caoutchouc chloré à 2 % dans de l'acétate d'amyle. La pellicule se détache ensuite comme un film de formwar lorsqu'on plonge la lame dans de l'eau à température ambiante.

Nous avons ainsi obtenu des pellicules tout à fait semblables à celles qu'on prépare avec le collodion.

---

(1) S. Teichner et E. Pernoux, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1063.

(2) S. G. Ellis, *J. Appl. Phys.*, **18**, 1947, p. 846.

(3) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1065.

En outre, nous avons vérifié que de tels films résistent parfaitement aux acides sulfurique et chlorhydrique concentrés, ainsi qu'aux bases. Il y a là une possibilité de faire subir divers traitements chimiques à une préparation, sur le support lui-même.

Au cours de leur manipulation dans un liquide, les films-supports, de quelque matière qu'ils soient, se détachent souvent du disque porte-objet. Pour remédier à cette difficulté, nous collons la membrane au disque en déposant préalablement sur celui-ci une goutte de solution plus concentrée qu'on laisse sécher. On perce la pellicule qui s'est formée et l'on dépose par dessus le film-support (caoutchouc chloré, collodion, formwar, etc.) rendu ainsi parfaitement adhérent au métal.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi d'une ligne coaxiale terminée par des impédances de divers types pour des mesures de permittivité en ondes métriques et décimétriques.* Note (*) de MM. **André Lebrun** et **Roger Arnoult**, présentée par M. Camille Gutton.

La méthode décrite permet de mesurer, avec une précision de l'ordre de 1 %, les parties réelle et imaginaire de la permittivité de substances solides et liquides, à des fréquences comprises entre 60 et 3 000 MHz. Elle se prête bien à des mesures effectuées à température variable. L'appareil peut être utilisé comme ondemètre, dans le même domaine de fréquences.

Dans cette méthode, la substance est introduite dans une « cellule » placée à l'extrémité B d'une ligne coaxiale de longueur variable l, d'impédance caractéristique Z_c. L'extrémité opposée A est constituée par un piston portant une petite boucle excitatrice. On mesure, à l'aide d'une sonde suivie d'un cristal détecteur, une grandeur proportionnelle au carré du module de l'amplitude de la tension V à la distance d (constante) de la « cellule ».

Plusieurs méthodes utilisant des tronçons de lignes coaxiales résonnants ont déjà été décrites [1]; l'originalité de celle-ci tient à la façon dont l'excitation et la détection sont réalisées, ainsi qu'aux différents types de « cellules » utilisées.

Soit E l'amplitude de l'excitation en A, Z_1 l'impédance du piston (différente de zéro par suite de la présence de la boucle d'excitation) et Z_3 l'impédance de la « cellule » placée en B. Posons : $(Z_1/Z_c) = \mathrm{th}(u_1 + jv_1)$ et $(Z_3/Z_c) = \mathrm{th}(u_3 + jv_3)$.

La théorie classique des lignes donne, avec les notations usuelles :

$$|V|^2 = \frac{|E|^2\,|\mathrm{ch}(u_1 + jv_1)|^2\,[\mathrm{sh}^2(\alpha d + u_3) + \sin^2(\beta d + v_3)]}{\mathrm{sh}^2(\alpha l + u_1 + u_3) + \sin^2(\beta l + v_1 + v_3)}. \qquad (1)$$

(*) Séance du 3 décembre 1951.

(1) P. Abadie, *Comptes rendus*, 225, 1948, p. 1590; J. Benoit, *J. Phys. Rad.*, 3e série, 5, 1944, p. 173; R. King, *Proc. Inst. Rad. Engrs.*, 35, 1947, p. 509.

On obtient u_3 et v_3 en déterminant la position d'un maximum $(AB)_M = l_M$ et la largeur à mi-hauteur (2δ) d'une courbe de résonance. On obtient, à partir de (1) :

(2) $$v_3 = m\pi - \beta l_M - v_1 \qquad (m, \text{ entier}).$$

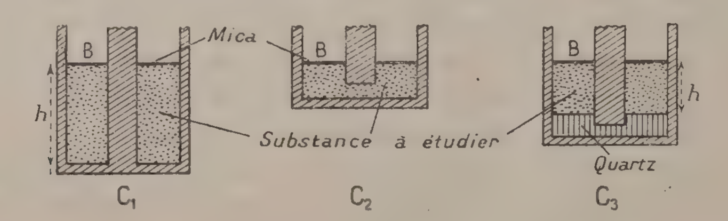
et

(3) $$\text{sh}(\alpha l_M + u_1 + u_3) \# \sin\beta\delta$$

Cellules du type C_1 (*fig.* 1). — Soit l_{1M}, l_{2M}, $2\delta_1$, $2\delta_2$, les longueurs de résonance et les largeurs des courbes pour des mesures effectuées avec la cellule vide, puis après remplissage. On obtient, en posant $l_{1M} - l_{2M} = \Delta$

$$v_3 = \beta(\Delta + h) \qquad \text{et} \qquad \text{sh}[u_3 + \beta\delta_1 - \alpha(\Delta + h)] \# \sin\beta\delta_2.$$

On voit que seule la différence Δ doit être connue et que l'erreur absolue sur v_3 dépend de celle commise sur $(\Delta + h)$. A l'aide d'abaques ou par calculs, on passe aux indices de réfraction et d'absorption n et χ du diélectrique. On peut, par exemple, poser : $(u_3 + jv_3) = g_3 - jb_3$ et de g_3 et b_3 (affectés, s'il y a lieu, d'une correction permettant de tenir compte de la présence du mica) tirer n et χ à l'aide d'abaques. Celui de la fonction : $-jz \coth z = g - jb$ (où $z = \beta hn\chi + j\beta hn$) est commode. Nous avons tracé, point par point, quelques courbes $b = \text{const.}$ et $g = \text{const.}$ de cet abaque, valable quelles que soient la fréquence et la longueur h de la cellule. *Les valeurs expérimentales trouvées se placent dans une région où ces courbes sont sensiblement équidistantes, ce qui simplifie le tracé et l'interpolation.*



Cellules du type C_2 (*fig.* 2). — Remplies d'un diélectrique de permittivité $\varepsilon = \varepsilon' - \varepsilon''$ elles sont, en radiofréquences, équivalentes à une capacité $\gamma + \gamma_0$ (γ et γ_0 : parties « active » et « résiduelle » de la capacité) shuntée par une résistance $R = 1/\gamma\omega\varepsilon''$. L'étude expérimentale de C_2 aux très hautes fréquences, à l'aide de liquides polaires et non polaires connus, montre que cette équivalence reste exacte en première approximation (généralement mieux que 1 % pour $\lambda \geq 1$ m).

De (2) et (3) on tire $v_3 = \pi - \beta l_{2M} - v_1$ et $\text{sh}(u_3 + \alpha l_{2M} + u_1) \# \sin\beta\delta_2$, v_1 est déterminé (pour une fréquence donnée) en effectuant une mesure avec la ligne court-circuitée ou en utilisant une impédance connue; u_1 est déterminé par une mesure faite avec une cellule vide ($u_3 = 0$) et l'on calcule l'ordre de

grandeur de αl_{2M}. On peut passer de u_3 et v_3 à ε' et ε'' par les relations :

$$\coth(u_3 + jv_3) = g_3 - jb_3, \qquad \varepsilon' = \frac{b_3}{\gamma\omega Z_c} - \frac{\gamma_0}{\gamma}; \qquad \varepsilon'' = \frac{g_3}{Z_c\gamma\omega}.$$

On détermine γ et γ_0 à l'aide de liquides connus; l'impédance caractéristique Z_c est calculée après mesure du diamètre des conducteurs.

Cellules du type C_3 (*fig.* 3). — Elles sont constituées d'un tronçon de ligne coaxiale de longueur h, terminé par une cellule du type C_2 au quartz ou au polythène; elles permettent d'obtenir, en ondes métriques, avec h de l'ordre du centimètre, des déplacements Δ et des largeurs de courbes mesurables avec précision. Dans ce cas, le passage des grandeurs mesurées aux valeurs de n et χ est difficile, mais se simplifie si le module de l'impédance normalisée équivalente à C_2 est grand. On passe alors à n et χ par un abaque du type $-jz\,\mathrm{th}\,z = g - jb$.

Un simple examen des relations (2) et (3) ne permet pas de prévoir le domaine d'utilisation des types de cellules C_1, C_2, C_3, ni de comparer les avantages et les inconvénients de ces cellule quant à la puissance HF nécessaire, au volume de diélectrique utilisé et aux valeurs obtenues pour Δ et δ. Pour un diélectrique et une fréquence donnés, seuls des exemples bien choisis permettraient de montrer l'intérêt d'un type de cellule et l'importance du choix de h (pour C_1) et de γ (pour C_2). Cette étude générale, dépassant le cadre de cette Note, sera publiée ailleurs.

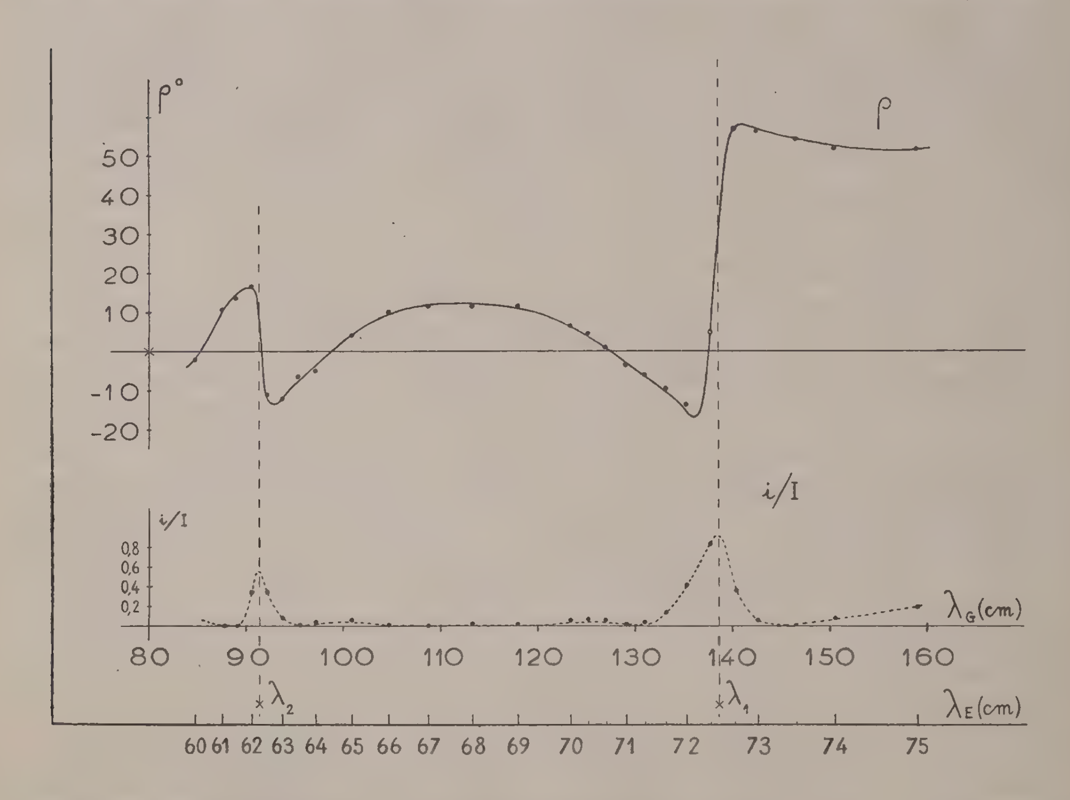
Pratiquement, un impédancemètre coaxial, de longueur 75 cm, de réalisation mécanique très simple (la sonde est placée à une distance constante de la charge et l'on mesure les déplacements d'un seul piston) permet, avec cinq ou six cellules C_1 et C_2, d'effectuer, pour toutes les substances, avec une précision de l'ordre de 1 %, la détermination de ε' et ε'' à des longueurs d'onde comprises entre 10 et 500 cm. En outre, l'appareil (dont l'extrémité B portant la « cellule » peut très facilement être introduite dans un thermostat) se prête bien à des mesures à *température variable*. Il peut être également utilisé comme *ondemètre*, pour les mêmes fréquences, à l'aide de quelques cellules du type C_2.

POLARIMÉTRIE. — *Observation d'anomalies rotatoires hertziennes conjuguées.* Note de MM. **Roger Servant** et **Pierre Loudette**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons signalé [1] qu'en plaçant des hélices monospires plates dans l'axe du guide d'ondes formant le corps de notre appareil de mesure [2] (qui comporte à l'une de ses extrémités une antenne émettrice, à l'autre un

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 46.
(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1052.

analyseur tournant et transmet des ondes H_{11}),on observait toujours le même phénomène : la courbe de variation, en fonction de la longueur d'onde, de la rotation ρ du plan de polarisation présente, dans la région d'absorption de l'hélice, une anomalie et le rapport i/I du courant minimum au courant maximum débité par l'analyseur lors de chaque pointé passe de la valeur zéro sur les bords de la bande à une valeur maximum au centre de celle-ci (où les



vibrations émergentes cessent d'être rectilignes). A ce phénomène, qui rappelle de si près les anomalies de dispersion rotatoire naturelle des corps actifs absorbants, ou encore les anomalies de rotation magnétique des solutions de sels paramagnétiques colorés, nous avons proposé de donner le nom d'*effet Cotton hertzien*.

Il nous a paru intéressant de poursuivre notre étude en cherchant à mettre en évidence, pour des hélices monospires plus longues, l'existence de *plusieurs* bandes actives.

Nous avons constaté que si l'on enroule sur un tube isolant, par exemple de 21 cm de diamètre, des hélices monospires de plus en plus longues, de pas 5, 10, 20, 30, 35, 40 et 45 cm, en plus de l'effet Cotton déjà signalé dont la position dans le spectre varie régulièrement avec la longueur de l'hélice depuis $(\lambda_1)_E = 69,75$ cm jusqu'à 70,25, 71, 72, 72,3, 72,5 et 73 cm, apparaît, dès l'hélice $p = 10$, une deuxième anomalie de signe opposé, à $(\lambda_2)_E = 68$ cm et

celle-ci reste fixe comme si elle ne dépendait que du rayon r du tube support (effectivement λ_2 varie linéairement avec r).

Ce phénomène paraît général : la figure 1 représente nos résultats expérimentaux pour une hélice de pas 46 cm, enroulée sur un cylindre de 14,4 cm de diamètre et caractérisée, suivant nos notations par $d = 14,4$ cm, D, $p = 46$ cm, $\alpha = -30°$. La bande λ_1 est toujours manifestement liée à la longueur de l'hélice par

$$(\lambda_1)_G \# 2L, \qquad \text{avec} \quad \lambda_G = \frac{\lambda_E \lambda_C}{\sqrt{\lambda_C^2 - \lambda_E^2}} \qquad \text{et} \qquad \lambda_C = 85.$$

D'autre part, si l'on enroule successivement sur le même cylindre ($d = 14,4$) des hélices monospires de pas 40, 44, 46, 50 et 52 cm, on voit l'anomalie λ_1 se déplacer de $(\lambda_1)_G = 123,4$ cm à 135,5 137,5, 146,3 et 154,8 cm, comme le fait prévoir la variation de L, tandis que la deuxième anomalie λ_2 reste fixe à $(\lambda_2)_E = 62,3$ cm, soit $(\lambda_2)_G = 91,6$ cm. Celle-ci semble liée à la longueur même du cercle (fendu) projection de l'hélice.

Certes, des expériences complémentaires qui seront décrites ailleurs, montrent que le passage d'une hélice longue à une hélice plate n'est certainement pas toujours continu et qu'il peut y avoir décrochage de couplages, avec intervention de la « cavité antérieure » du guide, se bloquant ou se débloquant suivant les conditions de résonance du modèle, et qu'on peut même prévoir un effet limite non nul pour les cercles fendus...

Mais, dans le cas des *hélices monospires longues*, qui fait l'objet de cette Note, nos expériences montrent *l'existence de bandes actives associées* λ_1 *et* λ_2, imposées par le modèle hélicoïdal lui-même. Leur comportement est tout à fait semblable à celui prévu ([3]) par les théories de Kuhn et de Condon, pour des bandes actives conjuguées. En particulier, les anomalies de rotation sont ici de signes opposés. D'autre part, on trouve expérimentalement que l'absorption en λ_1 est grande, tandis que celle en λ_2 est à peine perceptible. Ceci suggère encore une analogie de mécanisme avec le modèle de Condon ([4]).

EFFET RAMAN. — *Sur l'orientation des ions* NH_4 *dans les cristaux d'halogénures d'ammonium.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La mesure du facteur de dépolarisation des raies Raman permet de montrer que les ions tétraédriques NH_4 n'ont pas la même orientation dans les cristaux cubiques de chlorure ou d'iodure d'ammonium.

Les expressions théoriques de l'intensité et du facteur de dépolarisation que

---

([3]) J.-P. Mathieu, *Les théories moléculaires du pouvoir rotatoire*, Paris, 1946, p. 88.
([4]) *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 451.

nous avons établies ([1]) pour les raies Raman dans les cristaux cubiques sont naturellement valables en particulier pour les raies dues aux vibrations internes de molécules ou d'ions complexes qui font partie de la maille, et dont les fréquences fondamentales gardent des valeurs voisines de celles que ces molécules ou ces ions possèdent à l'état gazeux ou dissous. Les valeurs prévues ont été trouvées en accord avec l'expérience pour les ions SO_4 ([2]), $Zn(CN)_4$ ([3]), SiF_6 et $SnCl_6$ ([4]), pour les molécules d'hexaméthylènetétramine ([5]). Dans tous ces cas, la structure cristalline, déterminée par les rayons X, montre que les éléments de symétrie caractéristiques des ions ou des molécules considérés, qui appartiennent au système cubique, coïncident avec ceux de la maille cubique; il doit en être ainsi pour que le réseau cristallin appartienne à un groupe de symétrie défini.

Réciproquement, l'étude de la polarisation des raies Raman d'un ion de symétrie cubique doit permettre de déterminer son orientation dans la maille d'un cristal cubique, si on ne la connaît pas. C'est le cas pour l'ion NH_4 dans les cristaux de chlorure, de bromure et d'iodure d'ammonium, où l'étude au moyen des rayons X fixe seulement la disposition relative des atomes d'azote et des ions d'halogène.

Dans le bromure à température ordinaire et dans le chlorure, cette disposition est analogue à celle qui existe dans le chlorure de césium. Les fréquences fondamentales de l'ion NH_4 : $\nu_1 = 3033\ \text{cm}^{-1}$ (simple, type A), $\nu_2 = 1685$ (double, type E), $\nu_3 = 3134$ et $\nu_4 = 1397$ (triples, type F_2) donnent naissance à des raies Raman qui ont des caractères normaux de polarisation permettant de les classer dans l'un des types A, E ou F_2. En dépit des complications présentées par les spectres de ces cristaux ([6]), on peut donc affirmer que les axes ternaires des ions NH_4 coïncident avec ceux de la maille cubique. Dans les cristaux cubiques d'iodure d'ammonium à 25° C, les atomes d'azote et d'iode sont disposés comme les ions Cl et Na dans le chlorure de sodium. Le spectre de Raman est formé de bandes larges; les principales bandes dues aux vibrations internes de NH_4 ont les nombres d'ondes suivants en cm^{-1} : 1383, 1410, 1630, 3075 et 3127. Origine : ν_4, ν_4, ν_2, ν_1, ν_3.

Ces origines sont confirmées par l'étude du spectre d'absorption infrarouge ([7]). Cependant, le facteur de dépolarisation de toutes les bandes Raman, sauf la bande ν_1, a une valeur anormale.

([1]) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 902 et 1217.

([2]) J.-P. Mathieu et M. Tobailem, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 127.

([3]) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 521.

([4]) L. Couture-Mathieu et J.-P. Mathieu, *J. Phys.*, 12, 1951, p. 826.

([5]) L. Couture-Mathieu, J.-P. Mathieu, J. Cremer et H. Poulet, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 1.

([6]) J.-P. Mathieu, R. Martinez-Aguirre et L. Couture-Mathieu, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 318.

([7]) O. Reinkober, *Z. Physik*, 5, 1921, p. 192.

Nous avons cherché à expliquer ces anomalies en admettant que les axes de symétrie des tétraèdres NH_4 ne sont pas parallèles à ceux du cristal. Supposons que l'un des quatre axes ternaires de NH_4 coïncide avec l'un des trois axes quaternaires de la maille cubique et que ces derniers axes soient orientés parallèlement à ceux du montage : OX, direction d'éclairement; OY, direction d'observation; OZ, perpendiculaire aux deux précédentes. La polarisation des raies de NH_4 sera alors celle que l'on prévoit dans un cristal cubique dont un axe *ternaire* serait dirigé suivant OX, OY ou OZ. Si ces trois orientations des ions NH_4 sont réalisées avec la même probabilité (ce qui est nécessaire pour que le cristal dans son ensemble soit cubique) un calcul de moyennes donnera l'intensité et le facteur de dépolarisation des raies des divers types.

Nous avons comparé la théorie à l'expérience pour le chlorure et l'iodure d'ammonium, dans deux orientations différentes : celle que nous venons de considérer [cas d'observation 1 du Mémoire ([1])], et celle où un axe quaternaire du cristal est dirigé suivant OY, les deux autres étant à 45° de OX et de OZ (cas d'observation 2*b*). Les mesures du facteur de dépolarisation ρ ont porté sur la raie correspondant à la vibration ν_2 de NH_4.

	ρ calculé.		ρ mesuré.	
	Axes 3 de NH_4 suivant ceux du cube.	Un axe 3 de NH_4 suivant un axe 4.	Raie 1712 de $ClNH_4$.	Raie 1630 de INH_4.
Cas 1	0	1,4	0	1,3
Cas 2*b*	3	0,95	2 à 2,5	0,75 à 0,9

Les tétraèdres NH_4 sont donc orientés différemment par rapport aux axes des cristaux cubiques, dans le chlorure et le bromure d'ammonium d'une part, dans l'iodure d'autre part. L'origine de ces différences doit se trouver dans l'entourage des ions NH_4 : chacun d'eux a pour voisins, dans le chlorure et le bromure, huit atomes d'halogène situés aux sommets d'un cube; dans l'iodure, six atomes d'iode disposés en octaèdre régulier. C'est l'attraction des atomes d'halogènes sur les atomes d'hydrogène qui déterminerait dans tous les cas l'orientation moyenne des ions NH_4.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Note sur les phénomènes expansifs provoqués par les eaux sulfatées au contact des ciments Portland.* Note (*) de M. **G. Batta** présentée par M. Albert Caquot.

Au cours de diverses études ([1]), j'ai eu l'occasion de montrer que l'aiguille Le Chatelier, qui détecte la préexistence d'expansifs (chaux vive ou magnésie)

(*) Séance du 24 septembre 1951.

([1]) G. Batta, *Annales des Travaux publics de Belgique*, août 1948; G. Batta, *Chimie et Industrie*, n° 5, novembre 1947.

dans les liants hydrauliques, pouvait également détecter les actions expansives des eaux sulfatées sur ces liants. Le diagramme reproduit les expansions des bagues remplies de mortier confectionné avec 1/4 de ciment Portland et 3/4 de sable normal, et immergées dans diverses solutions :

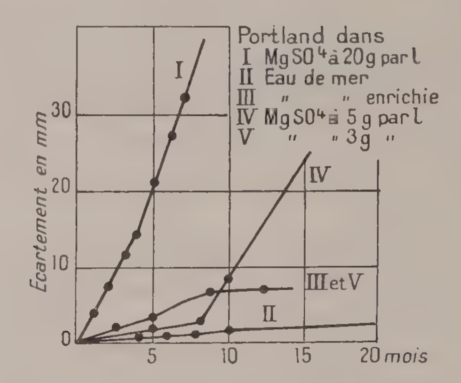
1° solution de sulfate $MgSO_4$ à 20 g par litre (concentration des eaux de terril ayant provoqué la destruction du béton):

2° de l'eau de mer artificielle;

3° solution n° 1 additionnée de chlorure sodique à 30 g par litre.

4° et 5° solutions à 5 g et à 3 g par litre de $MgSO_4$.

La courbe III met en relief l'action du chlorure sodique qui réduit des 4/5 l'expansion due à la solution n° 1.



Les solutions de SO_4Mg déterminent une production importante de gypse suivie au microscope. Ainsi le mortier est étudié dans les conditions rencontrées dans la pratique.

Il est intéressant d'essayer la même méthode sur des produits purs.

Nous avons mis au point la fabrication du silicate tricalcique ([2]). Quoique exempt de chaux libre, il libérait du gypse au contact de la solution n° 1. Immergé dans cette solution en mortier avec trois parties de sable normal, aucun gonflement n'a été constaté.

Par contre, en y mélangeant de petites quantités d'aluminate tricalcique, fabriqué par nous, j'ai constaté rapidement des expansions.

L'alumine du laitier provoque également l'expansion. J'ai introduit dans la bague de Le Chatelier le mortier formé de 3/4 de sable normal et de 1/4 d'un ciment composé de 30 % de silicate tricalcique et de 70 % de laitier en poudre. Les aiguilles s'écartaient dc 10 mm après 4 mois.

Ces résultats obtenus à l'aide d'une méthode nouvelle, prouvent à nouveau l'influence de l'alumine sur l'expansion, tandis que la formation de sulfate de

([2]) MM. Mertens et Plenger, ingénieurs chimistes et assistants aux laboratoires que je dirige, ainsi que M. Baiverlin, élève ingénieur chimiste, ont fabriqué les aluminates et silicates nécessaires à cette étude, et se sont assurés de la pureté de ces produits.

calcium n'entraîne pas d'expansion, mais le gypse faute d'adhérence au sable, détermine une moindre résistance.

Cette méthode illustre aussi l'action compensatrice du chlorure de sodium.

Cette remarque a déjà été signalée par Henry Le Chatelier ([3]). Il écrivait : « La présence des chlorures atténue très notablement l'action du sulfate de magnésie, soit en transformant partiellement celui-ci en chlorure de magnésie dans le cas du chlorure de sodium, soit en augmentant dans les autres cas l'imperméabilité de la croûte protectrice ».

Dans mes recherches, le chlorure de magnésium ne paraît toutefois pas jouer exactement ce même rôle.

La méthode permet aussi de mesurer pendant des années l'expansion lente dans l'eau de mer. Dans de rares expériences, en variant le tassement, la compacité, la teneur en ciment, l'expansion est évitée, mais les expériences ne peuvent pas être reproduites avec certitude. L'état d'instabilité du ciment au contact des eaux sulfatées rappelle par l'irrégularité des manifestations, la destruction de solutions sursaturées.

L'utilisation de l'aiguille Le Chatelier, permet de constater combien la compacité, la teneur en ciment et la carbonatation préalable jouent un rôle important dans l'expansion. Par contre, la teneur en eau a une influence moindre. Le trass réduit fortement l'expansion.

Ces résultats confirment les observations faites, sur la désagrégation des bétons par l'eau de mer et les eaux sulfatées, par Vicat, Le Chatelier et l'École française. Leurs observations sont valables pour les ciments actuels.

La méthode, à notre laboratoire de Liége, donne une précision suffisante, pour l'interprétation des nombres, analogue à celle des essais mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai d'interprétation de la répartition de traces de strontium entraînées par des cristaux de nitrate de potassium.* Note (*) de M. **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des cristaux de NO_3K contenant Sr* sont lavés à plusieurs reprises avec une solution saturée de NO_3K : la masse de Sr enlevée varie exponentiellement avec le nombre de lavages. Dans la région centrale, l'entraînement mesuré par dissolution progressive est proportionnel au rapport $[(NO_3)_2Sr/NO_3K]$ de la solution en équilibre avec le cristal pendant sa croissance.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que le nitrate de potassium entraîne pendant sa cristallisation une partie du strontium présent

(3) Dunod, 1904, p. 187.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2203.

dans la solution. En chaque point du cristal la teneur en strontium est proportionnelle au rapport R_0 : [masse $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$/masse NO_3K] dans la solution primitive.

La répartition du strontium, très forte en périphérie et presque homogène au centre, nous fait penser que l'entraînement pourrait s'interpréter par les deux effets suivants : fixation superficielle de l'impureté et distribution quasi homogène dans toute la masse. S'il en est ainsi il doit être possible d'enlever le strontium fixé en surface en lavant les cristaux à plusieurs reprises avec une solution saturée de NO_3K, les cristaux résiduels étant ensuite dissous par couches successives afin d'étudier la répartition.

Des gros cristaux ($M = 18$ g), préparés par refroidissement lent de 32 à 20° d'une solution contenant du radiostrontium ($R_0 = 10^{-3}$), sont agités pendant une demi-heure avec un volume $V = 3$ cm³ de solution saturée de NO_3K. Le liquide est décanté, son activité permet de déduire la masse ε_1, de $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ enlevée pendant cette première extraction. Les cristaux sont encore lavés deux fois avec 2 cm³ de solution saturée, les eaux de lavage étant jetées. Cette suite d'opérations est répétée neuf fois.

Les points obtenus permettent de tracer la courbe 1 *a* qui est une exponentielle. Pour expliquer ce résultat nous supposons qu'après chaque lavage il reste une certaine quantité $E(i)$ de $(NO_3)_2Sr$ dans les cristaux; ces derniers sont en équilibre avec la solution de lavage qui a enlevé du nitrate de strontium de façon à être à la concentration $c(i)$. On a comme nous l'avons montré précédemment $E(i) = Kc(i)$ avec $E(i-1) - E(i) = Vc(i)$. Dans ces conditions la théorie classique du lavage des précipités s'applique, et l'on déduit, E_0 étant l'entraînement initial :

$$\varepsilon_i = E(i-1) - E(i) = E_0(1-\alpha)\alpha^{i-1} \qquad \text{avec} \quad \alpha = \frac{1}{1 + \frac{V}{K}}$$

Sur la figure 1 *b* nous avons représenté $\log \varepsilon_i$ en fonction de i; la droite obtenue permet de déduire $\alpha(\alpha = 0{,}69)$ et l'entraînement $E_0[E_0 = 34{,}5$ microgrammes de $(NO_3)_2Sr]$. Ces valeurs numériques permettent de tracer une courbe théorique qui recouvre exactement la courbe expérimentale précédente (*fig.* 1 *a*), ce qui confirme le mécanisme proposé.

Pour étudier la répartition à l'intérieur des cristaux après les lavages, ceux-ci sont dissous par couches successives. Ils sont agités avec 3 cm³ d'eau, la solution obtenue est additionnée des eaux de lavage (2×2 cm³) et évaporée. L'activité du résidu solide permet de calculer l'entraînement en fonction de la distance au centre du cristal. Cette suite d'opérations est répétée huit fois jusqu'à dissolution complète.

La répartition mesurée de cette façon est représentée sur la figure 2. Le résultat peut être prévu en tenant compte de la variation de la concentration en potassium et en strontium de la solution pendant la croissance du cristal.

A un instant donné la phase solide a une masse m, une couche de masse dm est en train de se déposer. La concentration de la solution est exprimée par le rapport : $R = \text{masse}(NO_3)_2\,Sr/\text{masse}\,NO_3K$ qui à l'instant initial est égal

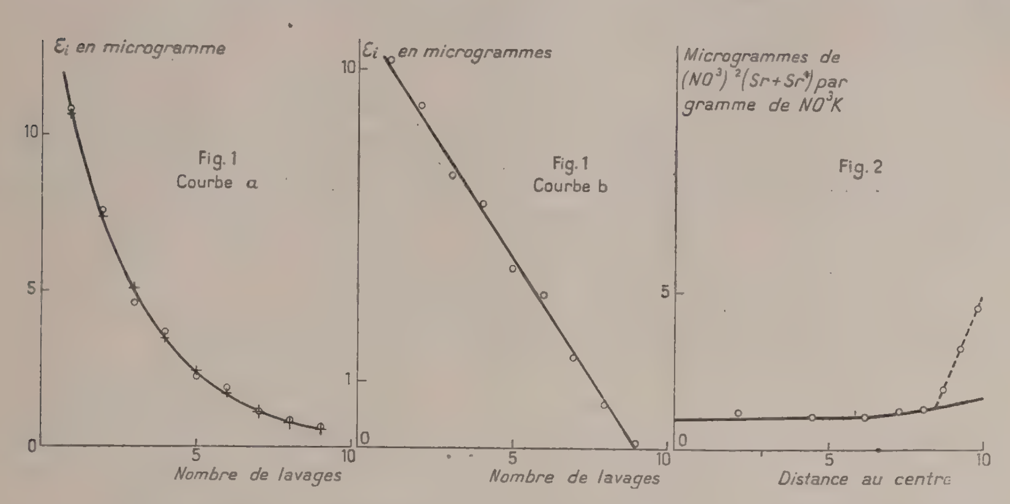


Fig. 1. — Quantités extraites représentées en fonction du nombre de lavages. Courbe a : Représentation de la fonction : $\varepsilon_i = E_0\,(1-\alpha)\,\alpha^{i-1}$ avec $E_0 = 34,5\ \mu g$ et $\alpha = 0,69$. Courbe b : Représentation logarithmique.

Courbe a : points expérimentaux ○ ; points théoriques +.

Fig. 2. — Répartition du strontium dans des cristaux lavés avec une solution saturée de NO_3K $\left(\text{en trait plein la courbe théorique } e = \dfrac{1,0}{1-0,36\left(\dfrac{d}{10}\right)^3}\right)$.

à R_0. La quantité d'impureté e entraînée par la nouvelle couche varie linéairement avec R ; comme e est très petit, on peut écrire, a étant la masse de NO^3K contenue dans la solution initiale :

$$(1)\qquad e = \lambda R \sim \frac{e_0}{1-\dfrac{m}{a}}, \qquad \text{avec} \quad e_0 = \lambda R_0.$$

Le terme m/a exprimé en fonction de la distance au centre du cristal est égal à $(M/a)\,(d/d_0)^3$, le rapport M/a étant donné par la courbe de solubilité ($M/a = 0,36$).

La figure 2 montre que la répartition suit l'équation (2) à l'intérieur du cristal sur les 8/10 du rayon avec un entraînement initial $e_0 = 1,0\ \mu g : g$. Au voisinage de la surface l'entraînement est supérieur à la valeur prévue. La différence est due sans doute au résidu de strontium demeuré en surface après neuf lavages.

Les expériences précédentes montrent que le strontium fixé à la surface des cristaux de NO^3K peut être enlevé en lavant ceux-ci avec un non-solvant.

Dans la région centrale, la teneur en impureté se laisse calculer en se basant sur le fait expérimental que l'entraînement varie linéairement avec la concentration, chaque couche fraîchement déposée devant former écran entre la phase liquide et le centre du cristal.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Action des solutions alcooliques et hydro-alcooliques de soude sur la cellulose.* Note de MM. **Georges Champetier, Charles Legrand** et **Gaston Gombaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

En milieu hydroalcoolique, la fixation de la soude sur la cellulose est bien plus rapide qu'en milieu alcool éthylique ou en milieu aqueux.

L'obtention de la cellulose Na II avec l'alcool butylique sodé à 4,6 % montre que la cinétique des réactions de fixation doit être observée complètement.

Il est connu que l'action des solutions aqueuses de bases alcalines sur la cellulose, détermine la formation de combinaisons d'addition moléculaires appelées « alcalicelluloses », dont la composition dépend de la concentration de la solution alcaline [1]. La fixation de la soude par la cellulose, très rapide en milieu aqueux, à la température ordinaire, est beaucoup plus lente en milieu alcoolique anhydre. Il faut attendre quelques jours pour constater une fixation notable de soude, mais celle-ci se poursuit pendant plusieurs mois et peut atteindre des valeurs supérieures à celles que l'on observe en milieu aqueux [2].

Alcool.	Concentration initiale de soude (grammes NaOH par litre).	Temps (jours).	Soude fixée (Mol. NaOH/$C_6H_{10}O_5$).
Méthanol	206	65	0,31
Éthanol	117	65	0,78
Propanol	45	65	1,36
Butanol N	48	65	1,23

La quantité de soude fixée est d'autant plus grande que l'alcool aliphatique a une masse moléculaire plus élevée, bien que la solubilité de la soude dans ces alcools diminue lorsque leur nombre d'atomes de carbone s'accroît.

Mlles G. et Th. Petitpas [3] avaient déjà constaté que l'addition d'eau à une solution méthanolique de soude augmente considérablement la rétention d'alcali par la cellulose.

---

(1) G. Champetier, *Ann. Chim.*, **20**, 1933, p. 5; G. Champetier et K. G. Ashar, *Makromolekularen chemie* 6, 1951, p. 85; G. Champetier et J. Néel, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 930.

(2) M. Bredjdygant et G. Champetier, inédit.

(3) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 672.

Nous avons vérifié (²) que l'addition de 1 % d'eau à une solution renfermant 117 g de soude par litre d'éthanol permet d'atteindre en 6 jours une fixation de 0,40 mol NaOH par groupe celloglucane, alors qu'elle n'est que de 0,26 mol NaOH en milieu alcool éthylique anhydre, au bout du même temps. Par contre, après 114 jours de contact, la quantité de soude fixée est la même en milieu alcoolique anhydre ou contenant 1 % d'eau.

Le rôle de l'eau consiste donc vraisemblablement à accélérer la vitesse de fixation de la soude par la cellulose en milieu alcoolique.

Une étude de ce phénomène a été effectuée en utilisant la diffraction des rayons X pour identifier les composés sodés formés, en tenant compte à la fois des temps d'action de la solution étudiée et de la teneur variable en eau.

L'examen des clichés a permis de noter, dans chaque cas, la composition approximative du mélange de cellulose native, de cellulose-Na I et de cellulose-Na II.

Des expériences témoins ont été conduites avec les alcools éthylique et butylique aussi anhydres que possible (teneur en eau $<$ 0,5 %). Les concentrations en soude étaient : 10,25 % pour l'alcool éthylique; 4,6 % pour l'alcool butylique. Les mélanges eau-alcool étaient réalisés de façon à garder ces concentrations.

On a constaté que les clichés effectués après des temps d'immersion croissants tendent successivement vers celui de la cellulose-Na I, puis vers celui de la cellulose-Na II, et cela d'autant plus rapidement que la teneur en eau est plus élevée. Ainsi, après deux jours d'immersion dans l'alcool éthylique sodé absolu, le diagramme ne montre que des traces de cellulose-Na I. Pour le même temps, l'addition de 4 % d'eau amène la formation de 50 % de cellulose-Na I et, avec 15 % d'eau, la fixation de soude atteint un maximum puisque le diagramme est celui de la cellulose-Na II.

Avec des temps d'immersion beaucoup plus longs (jusqu'à 200 jours), les teneurs en eau nécessaires pour obtenir la cellulose-Na II sont bien plus faibles (3 à 4 % seulement).

Avec l'alcool butylique, le phénomène est de même nature, mais la fixation de la soude s'effectue rapidement.

Comme on a vérifié d'autre part que, pour les solutions aqueuses sodées de mêmes concentrations la transformation du réseau primitif est extrêmement faible, on doit trouver un domaine de concentrations réciproques eau-alcool pour lequel l'action est la plus rapide.

Il conviendrait de répéter ces expériences avec des temps d'immersion plus courts pour déterminer avec plus de précision la teneur en eau correspondant à la vitesse maximum de transformation du réseau.

Mais déjà ces premiers résultats autorisent les conclusions suivantes :

1° L'étude des propriétés physiques des mélanges eau-alcool sodés

sera probablement susceptible de renseigner sur le mécanisme de la fixation de la soude sur les chaînes cellulosiques.

2° D'autre part, ces études cinétiques montrent qu'il est assez difficile d'attribuer aux divers réseaux des composés sodés de la cellulose des domaines d'existence bien délimités en se préoccupant uniquement des variables concentration et température. Le facteur temps généralement négligé [4] doit être également considéré.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Utilisation de la méthode des pesées continues pour l'étude cinétique de la polyamidification des aminoacides.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Paul Guyot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs montrent que la polyamidification intermoléculaire des aminoacides peut être suivie à l'aide de la thermobalance de M. Chevenard.

La polyamidification intermoléculaire d'aminoacides peut se traduire par l'équation globale

$$2m\,H_2N-(CH_2)_n-COOH \rightarrow H-[HN(CH_2)_nCO-NH(CH_2)_nCO]_m-OH + (2m-1)H_2O,$$

donc, au fur et à mesure que la réaction progresse, la quantité d'eau formée en un temps donné devient de plus en plus faible et il arrive un moment où elle est difficilement mesurable.

Pour suivre la cinétique de ces réactions, il est nécessaire, ainsi que l'a indiqué M. Aélion [1], d'opérer sur des quantités importantes de matière; or, nous avons constaté que la thermobalance de M. Chevenard, réservée jusqu'ici à la thermogravimétrie minérale, est d'un emploi avantageux si les substances à polyamidifier ne sont pas volatiles aux températures d'expérience. En opérant sur 2 g d'aminoacide, avec le four à atmosphère contrôlée (azote), nous avons pu :

1° déterminer la température de la polyamidification commençante, en faisant une montée de température linéaire assez lente (60° par heure) pour éviter tout décalage entre la température lue et la température réelle de l'échantillon;

2° étudier la cinétique des réactions sur plusieurs essais à températures fixes, en utilisant le four comme thermostat;

---

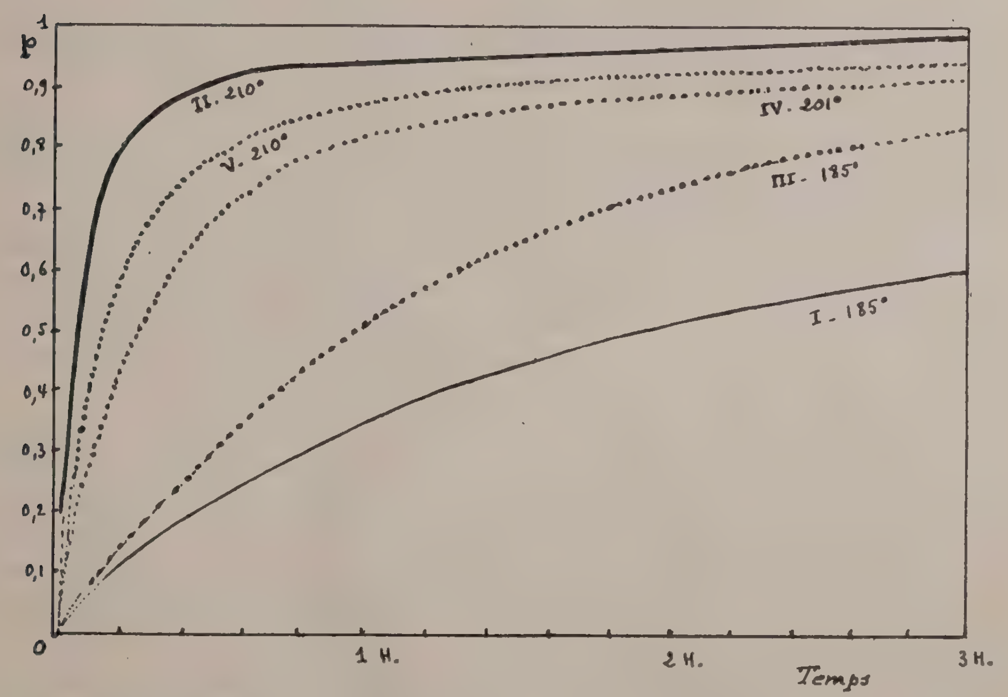
(4) Sisson, *J. Phys. Chem.*, 45, 1941, p. 717; Sobue, Kiessig et Hess, *Z. Physik chem.*, B, 43, 1939, p. 309.

(1) *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 15.

3° étudier la stabilité thermique des polyamides, en atmosphère inerte ou non, à température déterminée.

Nos essais ont porté sur l'*amino*-11 *undécanoïque* (F 190°) et sur l'*amino*-12 *octadécanoïque* (F 141°).

Les courbes d'enregistrement direct montrent que la polyamidification commence vers 180-183° pour les deux acides, donc avant fusion pour le premier; un essai à 185° a permis d'obtenir un polyamide d'amino-11 undécanoïque qui n'avait pas fondu et présentait un aspect rugueux et spongieux; toutefois, à cette température, l'opération est lente puisque 75 % seulement de l'eau sont éliminés après 5 h 30 alors qu'à 210°, il y en a 97 % en 2 h 30.



Variation de p en fonction du temps pour la polyamidification de :

amino-11 undécanoïque ———————   amino-12 octadécanoïque . . . .

Des courbes d'enregistrement direct, on construit les courbes du « degré » ou « étendue » de la réaction p en fonction du temps (*voir* tableau) et l'on conclut que les polyamidifications d'aminoacides sont du type « step reaction » du second ordre; en portant $\log(dp/dt)$ en fonction de $\log(1-p)$, nous obtenons une droite de pente égale à 2. Ceci prouve qu'entre dp/dt et $(1-p)$ il existe une relation de la forme $dp/dt = k(1-p)^2$.

Nous avons vérifié que $1/(1-p)$ est sensiblement une fonction linéaire de t.

Les constantes k de la formule de Flory ([2]) $p = kt/(2 + kt)$ ont été calculées; nous avons trouvé pour k (en sec^{-1}) :

	185°.	201°.	210°.
Amino-11 undécanoïque..........	–	0,0056	0,0080
Amino-12 octadécanoïque.........	0,0008	0,0023	0,0033

Ces essais montrent que la thermobalance permet d'étudier la cinétique de la polyamidification et de déterminer rapidement sur de faibles quantités de matière les conditions optima d'obtention d'un polyamide.

Nous nous proposons d'appliquer cette méthode à l'étude d'autres réactions conduisant à des composés macromoléculaires.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Influence du solvant d'étalement sur les films superficiels monomoléculaires d'acétate de cellulose.* Note de MM. **Marcel Abribat** et **Jacques Pouradier**, présentée par M. Paul Pascal.

On a montré dans des Communications antérieures ([1]), ([2]) que l'on peut obtenir des films superficiels stables d'acétate de cellulose en déposant sur de l'eau capillairement nettoyée quelques gouttes d'une solution diluée de cet ester. Les mesures qui avaient porté sur des acétates de cellulose de taux d'acétyle compris entre 38,9 et 44,0 % ont été reprises et l'on a plus particulièrement étudié un acétate de cellulose secondaire à 38,9 % d'acétyle car d'après les expériences préliminaires les propriétés des films superficiels obtenus avec ce dérivé cellulosique dépendent du solvant utilisé pour l'étalement.

a. L'acétate de cellulose considéré est soluble dans les mélanges chlorure de méthylène-alcool contenant entre 15 et 40 % d'alcool. Les étalements réalisés à partir de ces solutions sous des pressions inférieures à 0,1 dyne : cm engendrent des films superficiels stables, reproductibles et dont les détentes et compressions sont réversibles. Les caractéristiques de ces films superficiels varient légèrement avec la composition du mélange solvant, mais les écarts observés sont à peine supérieurs aux erreurs expérimentales.

Dans la région des hautes pressions de l'isotherme de compression (courbe A, *fig.* 1) l'aire occupée par un groupe acétoglucosique est d'environ 45 Å². Les procédés de mesure classiques conduisent généralement à des dimensions de l'ordre de 50 Å² et par conséquent il semble que les cycles glucosiques sont disposés parallèlement à la surface de l'eau.

Aux très faibles concentrations superficielles le film a les propriétés d'un gaz à deux dimensions. L'étude de ce gaz superficiel a été faite à l'aide d'un micro-

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1877.

([1]) P. Clément et J. Pouradier, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 620.
([2]) M. Abribat et J. Pouradier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1101.

manomètre à fil tendu ([3]) et la masse moléculaire moyenne numérique de l'acétate de cellulose étalé, déterminée d'après la pente à l'origine de l'isotherme de compression est de $41\,000 \pm 2\,000$.

b. Cet acétate de cellulose est également directement soluble dans l'acétone et en déposant quelques gouttes de la solution acétonique sur de l'eau capillairement propre on obtient un film superficiel ayant des propriétés différentes de celles des films envisagés ci-dessus (courbe B, *fig*. 1). En particulier l'encombrement d'un groupe acétoglucosique est plus petit et le domaine d'existence du gaz superficiel s'étend sur un intervalle de concentration et de pression superficielles plus grand que dans le cas précédent.

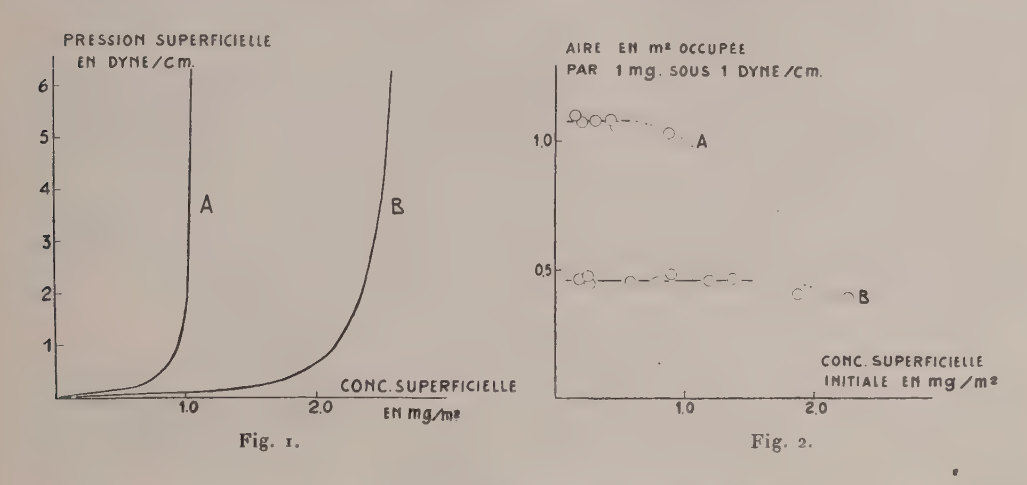


Fig. 1.

Fig. 2.

La pente à l'origine de l'isotherme de compression conduit à une masse moléculaire de $42\,000 \pm 3\,000$ et analogiquement au cas précédent les compressions et détentes sont réversibles. La différence de comportement de ces films superficiels ne paraît pas provenir d'un mauvais étalement. En effet, d'une part les masses moléculaires ainsi mesurées sont en bon accord et sont très voisines de la valeur déterminée par osmométrie (41 000).

D'autre part nous avons vérifié avec les deux solvants en faisant varier la quantité de substance déposée que l'aire occupée par unité de masse du polymère sous 1 dyne : cm de pression est indépendante de la concentration initiale dans un grand intervalle de concentrations. La courbe A de la figure 2 correspond au mélange solvant 69 % CH_2Cl_2, 31 % C_2H_5OH et la courbe B correspond à l'acétone. Toutes les isothermes de compression ont été déterminées en étalant l'acétate de cellulose dans les conditions correspondant aux paliers des courbes A et B.

On est conduit à admettre pour expliquer les différences observées que la configuration de la molécule d'acétate de cellulose à la surface de l'eau dépend

([3]) J. Guastalla, *Cahiers de physique* (2), 10, 1942, p. 30.

du solvant d'étalement, soit qu'une partie de celui-ci reste fixée par solvatation sur les macromolécules et agisse sur leur pelotonnement, soit que les liaisons intramoléculaires qui unissaient les différentes parties des molécules d'acétate de cellulose avant étalement n'aient pas été rompues au contact de l'eau et que la molécule étalée ait une configuration voisine de celle qu'elle avait en solution (4).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Extension de la notion de la charge*. Note (*) de MM. **Raymond Daudel** et **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie.

On a récemment tenu compte des interactions de configuration pour définir la charge (1) sur des atomes auxquels on peut attribuer les mêmes orbitales atomiques de valence. On étend cette définition à des cas où les orbitales atomiques peuvent être différentes (par exemple celui des hydrocarbures conjugués substitués et de certaines molécules hétéroatomiques),

Si l'on reprend la formule donnant d'une part le moment polaire d'une configuration p soit

$$\vec{\mu}_p = \sum_i \sum_{j,k} c_{ijp} c_{ikp} \int \psi_j(i)\, \vec{r}_i\, \psi_k(i)\, d\tau_i$$

et celle donnant le moment de transition depuis une configuration p jusqu'à une configuration q :

$$\vec{\lambda}_{pq} = \sum_{j,k} c_{jp} c_{kq} \int \psi_j(i)\, \vec{r}_i\, \psi_k(i)\, d\tau_i$$

on peut toujours écrire

$$\vec{\mu}_p = \sum_i \sum_{j,k} c_{ijp} c_{ikp} S_{jk} \vec{r}_{jk} \qquad \text{et} \qquad \vec{\lambda}_{pq} = \sum_{j,k} c_{jp} c_{kq} S_{jk} \vec{r}_{jk}$$

à condition de poser

$$S_{jk} \vec{r}_{jk} = \int \psi_j(i)\, \vec{r}_i\, \psi_k(i)\, d\tau_i.$$

Dans le cas général les extrémités des vecteurs $\vec{r}_{jk}$ ne coïncident plus avec des

(4) J. Guastalla, *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 184, pour expliquer l'épaisseur exceptionnellement grande (50-80 Å) des films monomoléculaires de chlorure de polyvinyle étalés à partir de solutions dans le trichloréthane, a également supposé que la molécule garde en surface la forme de pelote qu'elle possède en solution.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

(1) R. Daudel et A. Laforgue, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 623; R. Taylor, *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 249.

centres de symétrie des fonctions $\psi_j \psi_k$. Mais les extrémités des vecteurs $\vec{r}_{jj}$, $\vec{r}_{kk}$ et $\vec{r}_{jk}$ restent généralement alignées.

On peut alors trouver des constantes ω_j^k et ω_k^j telles que

$$\vec{r}_{jk} = \omega_j^k \vec{r}_{jj} + \omega_k^j \vec{r}_{kk} \quad \text{et} \quad \omega_j^k + \omega_k^j = 1,$$

l'extrémité de $\vec{r}_{jk}$ partageant le segment $\vec{r}_{jj} - \vec{r}_{kk}$ dans le rapport $-\omega_j^k / \omega_k^j$.

On peut donc écrire

$$\vec{\mu}_p = \sum_j \left\{ \sum_l \sum_{k \neq j} c_{ljp} c_{lkp} S_{jk} \left(\omega_j^k \vec{r}_{jj} + \omega_k^j \vec{r}_{kk} \right) + \sum_l c_{ljp}^2 \vec{r}_{jj} \right\} = \sum_j q_{jp} \vec{r}_{jj},$$

à condition de poser

$$q_{jp} = \sum_l \left\{ c_{ljp}^2 + 2 \sum_{k \neq j} c_{ljp} c_{lkp} S_{jk} \omega_j^k \right\}.$$

D'une façon similaire nous aurons

$$\vec{\lambda}_{pq} = \sum_{j, k} c_{jp} c_{kq} S_{jk} \left(\omega_j^k \vec{r}_{jj} + \omega_k^j \vec{r}_{kk} \right)$$
$$= \sum_j \vec{r}_{jj} \left(c_{jp} c_{jq} + \sum_{k \neq j} (c_{jp} c_{kq} + c_{jq} c_{kp}) S_{jk} \omega_j^k \right) = \sum m_{jpq} \vec{r}_{jj},$$

à condition de poser

$$m_{jpq} = c_{jp} c_{jq} + \sum_{k \neq j} (c_{jp} c_{kq} + c_{jq} c_{kp}) S_{jk} \omega_j^k.$$

On retrouvera les formules de la Note précitée lorsque

$$\vec{r}_{jk} = \frac{\vec{r}_{jj} + \vec{r}_{kk}}{2}.$$

Il vient en effet

$$q_{jp} = \sum_l \left\{ c_{ljp}^2 + \sum_{k \neq j} c_{ljp} c_{lkp} S_{jk} \right\},$$

$$m_{jpq} = c_{jp} c_{jq} + \sum_{k \neq j} \left(\frac{c_{jp} c_{kq} + c_{jq} c_{kp}}{2} \right) S_{jk} \quad (^2).$$

D'une façon générale on obtient la définition de la charge de l'atome l dans l'état P en posant

$$q_{lP} = \sum_{\substack{p, q \\ p \neq q}} (s_{pP}^2 q_{lp} + s_{pP} s_{qP} m_{lpq}).$$

---

(2) Dans la Note précitée le symbole « moyenne » a été omis.

Très souvent les centres de gravité des ψ_p coïncident avec les noyaux et $\vec{r}_{jk}$ se trouve alors sur la ligne des noyaux lorsque la liaison correspondante possède un axe de symétrie. On voit que l'emploi des formules précédentes est donc convenable pour les molécules conjuguées hétéroatomiques ou substituées. — La définition de la charge ainsi obtenue est utilisable aussi bien dans la méthode des orbitales moléculaires qu'en mésomérie ou dans la méthode des états de spin —.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Contribution à l'étude d'un type particulier de dérivés substitués*. Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit S un système conjugué dont chaque atome peut subir l'attaque d'un substituant a et S' le système à $2n$ atomes résultant de l'attaque simultanée de a en tous les centres de S. Montrons (I) comment la connaissance des énergies π et des o. m. de S permet un traitement rapide de S'. Ainsi l'étude des hydrocarbures cycliques (II) abrège le calcul du diagramme de substances comme l'hexachlorobenzène (III).

I. Les atomes de S sont numérotés de 1 à n et les n atomes a de $n+1$ à $2n$. Avec les notations habituelles [1] supposons : égales entre elles les intégrales coulombiennes relatives aux atomes a (soit α le paramètre ainsi introduit); égales entre elles les intégrales d'échange entre atomes attaqués et substituants, soit $\beta_{k,n+k}=\beta$ indépendant de k ; nuls les β lointains.

Théorème. — *Si $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ sont les n niveaux énergétiques de* S, *les $2n$ niveaux de* S' *sont donnés par résolution des n équations*

$$\varepsilon^2-(\alpha+\varepsilon_k)\,\varepsilon+\varepsilon_k\alpha-\beta^2=0 \qquad (1\leq k\leq n).$$

Si pour S, *les o. m. φ_k s'expriment en fonction des o. a. φ_r par les relations $\psi_k=c_r(\varepsilon_k)\varphi_r$ $(1\leq k\leq n,\ 1\leq r\leq n)$ on a pour* S' *les relations*

$$\psi_{k,\pm}=\frac{\varepsilon_{k\pm}-\alpha}{\sqrt{(\varepsilon_{k\pm}-\alpha)^2+\beta^2}}c_r\varphi_r+\frac{\beta}{\sqrt{(\varepsilon_{k\pm}-\alpha)^2+\beta^2}}c_r\varphi_{n+r}.$$

En posant $\varepsilon_k-\alpha=2\beta\operatorname{cotg}2\omega_k$,

$$\omega_{k,+}=\omega_k, \qquad \omega_{k,-}=\omega_k+\frac{\pi}{2},$$

les résultats précédents s'écrivent

$$\varepsilon_{k,\pm}-\alpha=\beta\operatorname{cotg}\omega_{k,\pm}, \qquad \psi_{k,\pm}=\cos\omega_{k,\pm}c_r\varphi_r+\sin\omega_{k,\pm}c_r\varphi_{n+r}.$$

II. *Étude des hydrocarbures cycliques à squelette polygonal* (*méthode m. o.*). — Notation et hypothèses habituelles [2] : n nombre d'atomes

$$\alpha_C=0, \qquad \beta_{C-C}=1, \qquad -\varepsilon-\beta_{C-C}\,y=2\cos\theta.$$

$$\text{Équation séculaire : } C_n(y)=2\cos n\theta-2\cos n\pi=0,$$

(*) Séance du 3 décembre 1951.

(1) C.-A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, A **191**, 1947, p. 40.

(2) R. Gouarné, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 844.

Niveaux énergétiques.
$$\begin{cases} y_j = 2\cos(n+2-2j)\dfrac{\pi}{n}, \\ y_{j'} = 2\cos(n-2+2j')\dfrac{\pi}{n}. \end{cases}$$

Pour n pair : $1 \leq j \leq \frac{n}{2}$, $\quad 1 < j' \leq \frac{n+1}{2}$,

Pour n impair : $1 \leq j \leq \frac{n+1}{2}$, $\quad 1 < j' \leq \frac{n+1}{2}$.

Dégénérescence d'ordre 2 : $y_j = y_{j'}$, si $j = j'$,

Coefficients normés.
$$\begin{cases} c_{k,1} = \dfrac{1}{\sqrt{n}}, \qquad c_{k,n} = \dfrac{(-1)^k}{\sqrt{n}}, \\ c_{k,j} = \sqrt{\dfrac{2}{n}}\cos\left[2k(j-1)\dfrac{\pi}{n}\right], \\ c_{k,j'} = \sqrt{\dfrac{2}{n}}\sin\left[2k(j'-1)\dfrac{\pi}{n}\right] \qquad (1 \leq k \leq n). \end{cases}$$

Les fonctions propres relatives à une même énergie sont orthogonales. Dans l'état fondamental les électrons occupent les o. m. de plus basse énergie à raison de 2 au plus par o. m. La dégénérescence d'ordre 2 de tous les niveaux introduit une incertitude dans l'o. m. occupée de plus haute énergie. Pour obtenir des charges unitaires dans le cas d'un système à n électrons π il convient de faire jouer un rôle identique à des o. m. de même énergie; on est ainsi amené à répartir l électrons sur les o. m. d'indice $j = p+1$ et $j' = p+1$ (en posant $n = 4p-2+l$ et $1 \leq l \leq 4$) à raison de $l/2$ sur chacune. En admettant ce principe de répartition uniforme des électrons sur les o. m. de même énergie on obtient les diagrammes suivants :

$$q_k = \frac{e}{n} \qquad (e, \text{ nombre d'électrons } \pi \text{ du système}),$$

$p_{k,k+1,e}$ désigne l'indice de la liaison k, $k+1$ (cas de e électrons π),

$$p_{k,k+1,e} = \frac{2}{n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{n} \qquad (n-2 \leq e \leq n+2) \qquad n = 4p,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n-1} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{2n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n+1} &= \frac{1}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \end{aligned}\right\} n = 4p+1,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n} &= \frac{2}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{n} \\ p_{k,k+1,n\pm j} &= p_{k,k+1,n} - \frac{j}{n}\sin\frac{\pi}{n} \end{aligned}\right\} n = 4p+2,$$

$$\left.\begin{aligned} p_{k,k+1,n-1} &= \frac{1}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{2n}\operatorname{cotg}\frac{\pi}{2n} \\ p_{k,k+1,n+1} &= \frac{1}{n}\cos\frac{\pi}{n}\operatorname{cosec}\frac{\pi}{2n} \end{aligned}\right\} n = 4p+3.$$

III. *Hexachlorobenzène.* — Hypothèses :

$\alpha_{C}=0, \quad \alpha_{Cl}=0,5, \quad \beta_{C-Cl}=\beta_{C-C}=1,$ Constante de valence $=\sqrt{3}$.

Niveaux : —2,5 —1,78 —1,78 —1 —1 —0,85 0 0,28 0,28 1,5 1,5 2,35.

Charges et valences libres : $q_{C}=1,170, \quad q_{Cl}=1,830, \quad f_{C}=0,234$;

Indices de liaison : $p_{C-C}=0,563, \quad p_{C-Cl}=0,371$.

Justification mathématique. — Soit A, S, deux matrices constantes d'ordre n, I la matrice unité du même ordre. α, β, γ, trois fonctions d'un paramètre k : si l'on a les valeurs et les vecteurs propres de $\| A+\lambda S \|$ on en déduit par des formules simples [3] (omises ici) les quantités homologues de la matrice d'ordre $2n$.

$$\begin{Vmatrix} A+\lambda S & \alpha S \\ \beta S & \gamma I \end{Vmatrix}$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les domaines d'inflammabilité de l'éthane, du propane et du n-butane.* Note de MM. **Ralph Delbourgo** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons récemment publié les résultats de déterminations des domaines d'inflammabilité des mélanges d'air et de propane [1] ou de butane [2] depuis la pression atmosphérique jusqu'aux pressions critiques d'inflammabilité au-dessous desquelles les mélanges sont ininflammables. Nous avons montré, qu'avec un mode d'inflammation électrique particulier, la courbe délimitant le domaine d'inflammabilité était formée de deux branches distinctes se raccordant en un point plus ou moins anguleux. En remplaçant une partie de l'oxygène par des quantités croissantes d'azote, nous avons pu séparer entièrement deux domaines distincts d'inflammabilité, dont l'un est entièrement fermé et se trouve situé à de basses pressions et à des concentrations en combustible plus élevées que celles de l'autre domaine. Que la composition du mélange soit telle que ce domaine soit ou non entièrement distinct de l'autre, nous l'appellerons « second domaine d'inflammabilité ».

Dans une Communication récente faite à Cleveland, J. T. di Piazza, M. Gerstein et R. C. Weast [3] ont obtenu, avec divers hydrocarbures, des résultats analogues aux précédents, sans toutefois s'être placés dans les

---

(3) M. Parodi, *Mém. Sc. Phys.*, 1944.

(1) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Nature*, London, 167, 1951, p. 985.

(2) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 958.

(3) *Joint symposium on combustion chemistry of the division of petroleum chemistry, A. C. S. Cleveland meeting*, 1951; J. di Piazza, M. Gerstein et R. C. Weast, *Flammability limits of pure hydrocarbon-air mixtures at reduced pressures.*

conditions de composition des mélanges où les deux domaines d'inflammabilité peuvent être séparés. Ces auteurs attribuent le second domaine à des flammes froides. De sérieuses réserves nous semblent devoir être faites à cette affirmation, car s'il y a certainement des rapprochements à faire entre le second domaine et les domaines de flammes froides (mis en évidence dans d'autres conditions expérimentales), il existe plusieurs points qui nous paraissent suffisamment importants pour qu'on ne puisse, sans preuves expérimentales directes, identifier à des flammes froides les flammes du second domaine. Ces points sont les suivants :

1. *Concentration.* — Les flammes froides ont toujours été observées avec des concentrations centrées autour de celle du mélange équimoléculaire hydrocarbure-oxygène. Cette concentration correspond pour les mélanges air-propane ou air-butane, par exemple, à 17 % environ d'hydrocarbure. Elle est située bien au delà du domaine d'inflammabilité pour les pressions égales ou inférieures à la pression atmosphérique.

2. *Pression.* — Par inflammation électrique, les flammes froides n'apparaissent qu'à 12 atm pour les mélanges air-propane et à 8 atm pour les mélanges air-*n*-butane [4]. Or, les seconds domaines ne se présentent qu'à des pressions d'une fraction d'atmosphère. Il faut, toutefois, remarquer que les pressions telles que les précédentes (12 ou 8 atm) devraient pouvoir être abaissées en employant des procédés d'inflammation plus efficaces.

3. *Aspect des flammes.* — Les flammes que nous avons observées dans le second domaine, bien qu'assez pâles, ont une luminosité bien supérieure à celle que présentent habituellement les flammes froides. Elles sont visibles dans une pièce faiblement éclairée, alors que les flammes froides ne peuvent généralement être observées que dans l'obscurité la plus complète, et après même une certaine accoutumance à l'obscurité.

Ainsi donc, il nous paraît difficile d'assimiler les flammes du second domaine à des flammes froides, mais on doit noter qu'il y a des rapprochements à faire entre les deux types de flammes :

1. Le *méthane* ne donne ni flamme froide, ni second domaine.

2. L'*éthane* donne par auto-inflammation une courbe présentant une discontinuité qui, d'après D. T. A. Townend [4], pourrait être l'amorce d'une zone de flammes froides. De même, par inflammation électrique, il ne présente que l'amorce d'un second domaine.

3. Le *propane* et le *butane* sont les premiers des hydrocarbures paraffiniques susceptibles de donner des flammes froides. Ce sont aussi les premiers qui, par inflammation électrique, donnent un second domaine.

---

[4] D. T. A. Townend et K. Spence, *Colloque sur la cinétique et le mécanisme des réactions d'inflammation et de combustion*, C. N. R. S., Paris, 1948, p. 119.

Ainsi donc on ne peut assimiler aux flammes froides les flammes observées dans le second domaine d'inflammabilité, quoique ce soient les mêmes hydrocarbures qui donnent les deux types de flammes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du cuivre par la dithizone en solution acétonique homogène.* Note de M. **Robert Delavault** et Mlle **Ruth Irish**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que l'extraction des ions cuivriques en solution aqueuse, par la dithizone en solution organique immiscible, est une opération relativement lente, et pas toujours complète ([1]). Nous avons diminué cette difficulté ([2]) en employant une solution aqueuse de dithizone dans l'ammoniaque diluée, mais il semblait encore plus pratique de prendre un solvant commun au sel métallique, au réactif et au complexe formé. L'acétone a donné d'excellents résultats: Il est préférable qu'elle contienne 10 % d'eau, et alors elle n'attaque plus que très modérément la graisse à robinets, tout en dissolvant bien plus de 60 mmg : l de dithizone et les complexes métalliques correspondants. Pour les expériences préliminaires avec l'acétone anhydre, nous avions dû fabriquer une burette selon le prototype inventé par Gay-Lussac, avec un long tube étroit remontant le long de la burette. La présence d'eau est d'ailleurs nécessaire pour que le cuivre ne donne pas le complexe jaune de type « énolique »; en ajoutant de l'eau à la solution jaune, elle devenait orange pour 6 % d'eau, et tournait au rouge cerise pour 7 %.

On peut ainsi titrer le cuivre en agitant très modérément dans un récipient ouvert, le virage final représentant un mélange en proportions définies de dithizonate de cuivre et de dithizone en excès. La nuance la plus sensible aux variations de composition est un gris bleuté, qu'on obtient avec approximativement les mêmes proportions dans le chloroforme; il est nettement plus bleu que dans le tétrachlorure de carbone.

Malheureusement, l'usage d'une phase unique n'accélère pas seulement la réaction du cuivre sur la dithizone; elle accélère aussi l'oxydation de ce réactif par des agents comme les sels ferriques, qui n'ont pas d'action sensible en solution acide sur la solution organique immiscible de dithizone. Des réducteurs comme les sels de phénylhydrazine ou d'hydroxylamine, suffisamment modérés pour ne pas précipiter le cuivre, ne réduisent pas absolument tout le fer, à moins que l'équilibre ne soit continuellement déplacé par complexion des ions ferreux; c'est ce qui se produit dans la

---

([1]) H. Barnes, *Analyst*, 72, 1947, p. 469.
([2]) R. Delavault et R. Irish, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1079.

colorimétrie du fer au dipyridyle. Cette observation n'invalide pas les données usuelles de la chimie analytique à ce point de vue, elle ne concerne qu'une fraction de milligramme par litre, l'erreur étant la même dans l'étalonnage et dans la titration. Pour la microchimie, le problème est important, presque tous les échantillons naturels renfermant plus de fer que de cuivre. S'il n'y en a pas trop, de bons résultats peuvent encore s'obtenir en ajoutant du sulfate de phénylhydrazine en quantités beaucoup plus fortes, 100 fois ou plus, que la dithizone utilisée. Ce sel offre à l'oxydation un groupe NH semblable à celui de la dithizone, et n'a pas le temps de réagir sur l'acétone. En pratique, ces inconvénients sont atténués, parce que la dithizone réagit instantanément sur le métal, tandis que l'oxydation peut demander plusieurs secondes et que le complexe ne s'oxyde que très lentement. Il est donc possible d'utiliser ce procédé pour une séparation, en ajoutant la dithizone acétonique en excès, et agitant légèrement avec un solvant organique, qui enlèvera le complexe métallique, l'excès de dithizone et la carbodiazone fermée par oxydation.

Une excellente approximation d'une réaction homogène est obtenue en titrant une solution métallique renfermant 80 % environ d'acétone par une solution de dithizone dans le tétrachlorure de carbone ou un autre solvant organique immiscible à l'eau. La plus grande partie de l'acétone passe finalement dans la solution organique; le mélange est tellement intime qu'il peut donner une émulsion stable plusieurs minutes et que les sels ferriques peuvent oxyder la dithizone. Une telle opération peut se réaliser à n'importe quelle échelle, et n'est pas limitée aux solvants en question; elle peut résoudre bien d'autres problèmes d'analyse microchimique.

Dans un champ aussi large que celui des applications de la dithizone, c'est une œuvre de longue haleine de généraliser le moindre perfectionnement. Signalons tout de suite une différence avec les données classiques : le cobalt et le nickel réagissent en solution acide sur la dithizone dans l'acétone, comme on pouvait s'y attendre, puisque leur dithizonate résiste aux acides. Dans la recherche des métaux lourds dans l'eau [2], la solution acétonique de dithizone est au moins aussi satisfaisante que la solution ammoniacale, elle a l'avantage de se conserver très bien, mieux même que la solution dans le tétrachlorure de carbone. Le mode opératoire décrit dans cette Note peut être amélioré en ajoutant en premier la solution, ammoniacale ou acétonique, de dithizone. Le métal réagit avec le précipité de dithizone, comme le montre la couleur rose du complexe, très différente de la couleur violacée de la dithizone précipitée, qu'on observe s'il y a quelques centièmes de milligrammes par litre de métal.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à la méthode de Kjeldahl en présence d'oxychlorure de sélénium : cas de la quinoléine et de la quinaldine.* Note de M. **Claude Moreau**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode mise au point pour doser la pyridine ne convient pas dans le cas de la quinoléine ou de la quinaldine; une ébullition un peu trop prolongée, un léger excès d'oxychlorure de sélénium entraînent en effet des pertes d'azote trop importantes.

Les résultats obtenus par M. Dupuy [1] dans le cas de la pyridine ont servi de point de départ à ce travail. L'oxychlorure de sélénium, préparé par la méthode de Lenher, était, comme celui de M. Dupuy, légèrement coloré; nous n'avons pas cherché à l'obtenir rigoureusement pur. L'attaque d'une prise d'essai de 150 mg environ a été faite par le mélange suivant : SO_4H_2 : 25 cm³; SO_4K_2 : 40 g; $SeOCl_2$: m mg. La température d'ébullition d'un tel mélange est voisine de 400°C. L'étude a été conduite de manière systématique en faisant varier successivement le temps d'ébullition et la masse m du catalyseur.

Deux séries d'essais ont été effectuées.

1° Les constituants du mélange précédent étaient mis dans le matras servant à l'attaque et la prise d'essai (quinoléine ou quinaldine) était ajoutée en dernier lieu. En aucun cas il n'a été possible de doser ainsi la totalité de l'azote et, de plus, les résultats n'étaient pas du tout reproductibles.

2° Pensant que la formation préalable d'un composé organique du sélénium était indispensable, nous avons alors mis en contact direct la base quinoléique et l'oxychlorure de sélénium. La réaction est très exothermique; le mélange brunit et après refroidissement il se solidifie. Une durée de contact de 15 mn est très suffisante; on ajoute ensuite le mélange d'acide sulfurique et de sulfate de potassium et l'on fait bouillir. Voici quelques résultats relatifs à la quinoléine (N % théorique : 10,85) :

Prise d'essai (g).	Masse de $SeOCl_2$ (g).	Durée de l'ébullition (h).	Azote libéré (%).
0,148	0,200	1 1/4	10,2
0,146	0,200	1 1/2	10,8
0,153	0,200	1 1/2	10,8
0,147	0,200	2	7,5
0,144	0,500	1 1/2	9,6
0,155	1	1 1/2	8,7

La durée d'ébullition optima est de 1 h 1/2 et la quantité d'oxychlorure de sélénium à utiliser est de 200 mg pour 150 mg de quinoléine, ce qui correspond

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 836.

à une combinaison équimoléculaire. Pour la quinaldine, les résultats ont été analogues ([2]).

La méthode est cependant délicate à appliquer. La durée d'ébullition doit être rigoureusement contrôlée : les pertes d'azote se produisent au delà de 1 h 1/2. Il en est de même lorsqu'on met en œuvre une masse d'oxychlorure de sélénium supérieure à celle qui correspond à une combinaison équimoléculaire avec la base quinoléique. Cet oxychlorure ou ses produits de décomposition catalysent probablement une oxydation de l'ammoniac ou des produits aminés que l'on dose à la fin de l'opération. Le rendement en azote n'augmente pas avec la masse d'oxychlorure comme dans le cas de la pyridine.

MÉTALLURGIE. — *Étude de l'homogénéisation des ségrégations dendritiques de phosphore et d'arsenic dans des aciers alliés.* Note (*) de M. **André Kohn**, présentée par M. Albert Portevin.

Les résultats déjà obtenus sur des aciers au carbone par l'emploi de la méthode autoradiographique ont été confirmés dans le cas d'aciers alliés : la ségrégation de l'arsenic est plus difficile à homogénéiser que la ségrégation du phosphore. La vitesse de cette homogénéisation ne paraît pas influencée de façon appréciable par la présence d'éléments d'alliage aux teneurs habituellement rencontrées dans les aciers de construction alliés.

Nous avons poursuivi sur des aciers alliés l'étude précédemment entreprise sur des aciers au carbone ([1]) en utilisant la méthode autoradiographique dans les mêmes conditions. Nous avons préparé dans un four H. F. des lingots d'environ 5 kg, pendant la fusion desquels on a ajouté du ferrophosphore à 9 % P, irradié pendant 20 jours à la pile atomique de Châtillon. Dans les lingots ainsi obtenus, on a prélevé de petites plaquettes qui, après des traitements d'homogénéisation à hautes températures, ont été placées en exposition autoradiographique pendant six semaines. Lorsque l'activité du radiophosphore fut devenue négligeable, les plaquettes furent irradiées pendant deux nuits consécutives dans la pile atomique. Après un repos de 36 h destiné à permettre la décroissance de l'activité du radiomanganèse et du radiocuivre formés dans ces conditions, les plaquettes ont subi une deuxième exposition autoradiographique destinée à mettre en évidence la ségrégation de l'arsenic. Il fut ainsi possible d'observer séparément la ségrégation dendritique du phosphore et celle de l'arsenic sur les mêmes échantillons.

La composition chimique moyenne des lingots étudiés était la suivante

---

([2]) C. Moreau, *Diplôme d'études supérieures*, Poitiers, 1951.

(*) Séance du 3 décembre 1951.

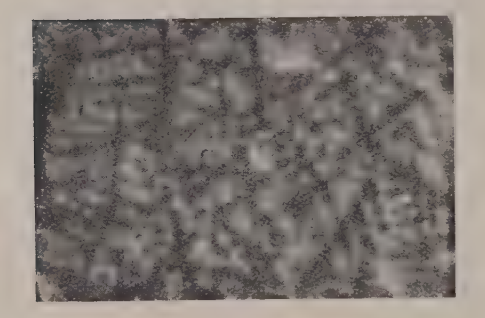
([1]) A. Kohn, *Comptes-rendus*, 233, 1951, p. 178.

Lingot.	C %.	P %.	S %.	As %.	Si %.	Mn %.	Ni %.	Cr %.	Mo %.
D	0,21	0,099	0,006	0,167	0,15	tr	–	1,85	0,34
E	0,34	0,087	0,010	0,135	0,19	tr	–	1,70	–
F	0,17	0,076	0,007	0,106	0,28	tr	2,85	1,90	0,21
G	0,25	0,068	0,020	0,107	0,28	0,015	4,0	–	–

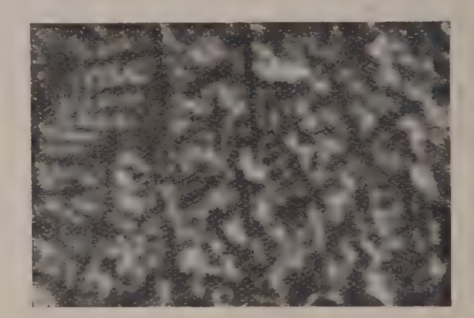
Les recuits d'homogénéisation ont été effectués en capsules soudées à 1125, 1200 et 1275° pendant 4 à 70 h. Tous les échantillons ayant subi ces recuits, ainsi que des plaquettes témoins, furent ensuite normalisés pendant 10 mn à 900°.

Lingot F.

Sans traitement d'homogénéisation.



Ségrégation du phosphore.



Ségrégation de l'arsenic.

Après recuit de 32 h à 1200°.



Ségrégation du phosphore.



Ségrégation de l'arsenic.

Résultats. — Comme dans le cas des aciers au carbone, l'examen des autoradiographies confirme que la vitesse d'homogénéisation est d'autant plus grande que la température de recuit est plus élevée et montre que l'arsenic diffuse plus lentement que le phosphore. D'autre part, la vitesse d'homogénéisation ne paraît pas sensiblement influencée par la présence d'éléments alliés. En effet, de même que pour l'acier C précédemment étudié, la forme générale de la ségrégation du phosphore est encore très visible dans les quatre lingots

considérés après un recuit de 32 h à 1125° et elle demeure discernable après 70 h à la même température. Ce n'est qu'après des recuits de 70 h à 1200° ou de 32 h à 1275° que l'on peut considérer l'homogénéisation du phosphore comme pratiquement, mais pas totalement, réalisée.

Après 70 h à 1200° ou 32 h à 1275°, la ségrégation de l'arsenic peut être encore nettement observée; après 70 h à 1275°, elle est très atténuée, mais l'homogénéisation n'est pas complète.

Par ailleurs, le lingot G présentait des amas de ségrégations visibles sur plusieurs échantillons. L'atténuation de ces ségrégations est également plus rapide pour le phosphore que pour l'arsenic.

Ces résultats, pour qualitatifs qu'ils soient, montrent que la diffusion du phosphore dans les aciers se fait plus rapidement que celle de l'arsenic; elle ne paraît pas influencée de façon appréciable par la présence d'éléments d'alliage aux teneurs habituellement rencontrées dans les aciers de construction alliés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence d'un effet stérique sur l'absorption des dérivés β-substitués du benzofurane.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons établi ([1]) que lorsqu'une fonction oxime, semicarbazone, etc., est liée d'une part au carbone α du benzofuranne, et d'autre part à un alcoyle à chaîne normale, un *couplage* important s'exerce entre la fonction et le radical α-benzofuryle. Ce *couplage* ne disparaît pas si l'on provoque un effet stérique au voisinage de la fonction. Toutes ces molécules ont la forme *absorbante*. Ce phénomène est analogue à celui que l'on observe quand la fonction est fixée sur une chaîne aliphatique (expériences inédites), soit encore sur le carbone α du furanne et du pyrrole ([2]). Il est par ailleurs très différent du phénomène qui se manifeste dans les séries : benzénique, pyridinique ([3]), et β-benzopyrrolique ([4]). Ces résultats ont conduit à penser que la structure électronique du carbone α, dans le benzofuranne n'est pas coplanaire.

(où R = CH_3, C_2H_5)
(*a*) (*b*) (*c*)

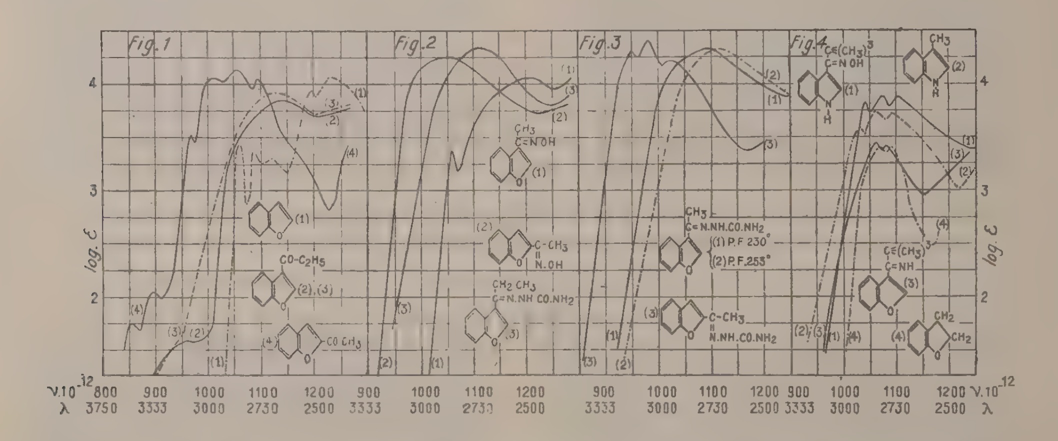
([1]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 517.
([2]) Mme P. Ramart-Lucas, J. Hoch et J. Klein, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 336.
([3]) Mme P. Ramart-Lucas et Mlle S. Bertucat, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 295.
([4]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Roch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 843.

Cette étude a été étendue aux dérivés β-substitués du benzofuranne. Nous avons mesuré l'absorption des cétones (*a*) et de leurs dérivés : oximes et semicarbazones ainsi que celle de la tert. but.-β-benzofurylcétimine (*b*)

Les résultats obtenus peuvent être ainsi résumés :

A. L'effet spectral de la substitution dans le cas des cétones, des oximes et des semicarbazones est, toutes choses égales par ailleurs, beaucoup plus faible que celui qui se manifeste dans les combinaisons α-substituées (*voir* les diverses figures sur lesquelles sont tracées à titre de comparaison quelques courbes des isomères α).

B. L'introduction, sur le carbone β du benzofuranne, d'une fonction cétone est accompagnée d'un changement d'absorption qui correspond à un *couplage* peu important mais très net qui s'exerce entre le radical benzofuryle et la fonction [*voir fig.* 1 les courbes de l'éthyl-β-benzofurylcétone dans le cyclohexane (2) et dans l'alcool (3); celles de la méthyl-α-benzofurylcétone dans le cyclohexane (4) et du benzofuranne (1)].



C. La présence d'un groupe méthyl-(ou éthyl)-cétoxime fixé sur le carbone β, augmente l'intensité d'absorption du benzofuranne. Ici encore le *couplage* qui s'établit entre les deux chromophores est relativement peu important [*voir fig.* 2 la courbe de la méthyl-β-benzofurylcétoxime (1) et, à titre de comparaison, celle de son isomère α (2)].

D. L'influence exercée par la fonction méthyl- (ou éthyl-) cétone-semicarbazone se manifeste par une élévation de l'intensité d'absorption et un fort effet bathochrome [voir *fig.* 2, la courbe de la semicarbazone de l'éthyl-β-benzofurylcétone (3); *fig.* 3, les courbes des deux semicarbazones stéréoisomères de la méthyl-β-benzofurylcétone, F 230° (1), F 258° (2) et celle de leur isomère α (3)].

E. L'étude de l'effet spectral provoqué par la présence du groupe $-C\leqslant(CH_3)_3$ dans la tert. but.-β-benzofurylcétimine a été particulièrement intéressante.

On sait que si une fonction $(CH_3)_3 \equiv C - \dot{C} = X$ (X étant un groupe divalent $=CH_2$, $=N.OH$, ...) est fixée sur un C benzènique, α ou β pyridinique, β-benzopyrrolique, l'effet stérique de la chaîne ramifiée provoque une suppression complète du « *couplage* » entre le noyau et la fonction. Le spectre de chacune de ces molécules correspond sensiblement à celui qui résulterait de la superposition des spectres « *limites* » du noyau et de la fonction. C'est ainsi que le spectre de la tert. but.-benzopyrrylcétoxime est voisin de celui du β-méthylbenzopyrrole [voir *fig.* 4, (1) et (2)]. Le « *découplage* » se fait donc suivant le schéma (*b*).

Si l'état électronique du carbone β du benzofuranne était le même que celui du benzopyrrole, le spectre de la tert. but.-β-benzofuryl-cétimine devrait être voisin de celui du benzofuranne, le « *découplage* » se produisant entre le carbone β et la fonction selon (*b*). Or il n'en est rien. Le spectre de cette molécule est sensiblement le même que celui du dihydrobenzofuranne. Tout se passe, du point de vue spectral, comme si le « *couplage* » avait été supprimé selon (*c*).

En définitive : au point de vue structure électronique, le carbone β, dans le benzofuranne, est nettement différent à la fois du carbone α dans cette molécule et du carbone β dans le benzopyrrole.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des iodures de para-hydroxyméthylbenzyltriméthylammonium et de para-acétoxyméthylbenzyltriméthylammonium, vinylogues respectifs de la choline et de l'acétylcholine.* Note de Mme **Micheline Charpentier-Morize** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse de

$HOCH_2-C_6H_4-CH_2\overset{+}{N}(CH_3)_3I^-$ et de $CH_3OCOCH_2-C_6H_4-CH_2\overset{+}{N}(CH_3)_3I^-$

a été effectuée afin de préciser le rôle de certains facteurs structuraux dans les multiples propriétés physiologiques de l'acétylcholine et de la choline.

On admet aujourd'hui que les molécules d'un composé physiologiquement actif se combinent aux récepteurs cellulaires réalisant avec eux une liaison analogue à celle qui se produit entre l'enzyme et son substrat (1). Les forces de liaison intervenant dans les combinaisons de ce type sont de nature variée et peuvent être rapprochées de celles qui jouent dans les phénomènes d'adsorption (électrovalences, liaison π, liaison hydrogène, liaison entre les dipôles, etc.). Une des conséquences possibles d'une telle combinaison est la variation de la polarisation et de la perméabilité cellulaire.

---

(1) A. J. Clark et T. Raventos, *J. exp. Physiol.*, 26, 1937, p. 375.

Par ailleurs, les travaux de nombreux auteurs notamment de Ing [2] et de Pfeiffer [3] laissent à supposer que la complexité et la pluralité des effets pharmacodynamiques exercés par la choline et, avec une intensité plus grande, par l'acétylcholine (effet parasympathomimétique, action sur les ganglions nerveux végétatifs, action sur les fibres musculaires striées) sont dus à l'affinité de ces composés pour un grand nombre de récepteurs biologiques.

La question qui préoccupe les pharmacologues et les chimistes est de savoir quels sont les facteurs structuraux et constitutionnels responsables de telle ou telle action pharmacodynamique de la choline et de l'acétylcholine, cette action étant elle-même conditionnée par l'affinité de ces composés pour tel ou tel autre récepteur cellulaire. La réponse à cette question, dont l'étude est poursuivie par de nombreux auteurs [2], [3], [4], [5], [6], [7], est susceptible d'ouvrir l'accès à des substances dans lesquelles les différents effets physiologiques de l'acétylcholine sont dissociés.

Afin de préciser quelles sont les propriétés physiologiques de l'acétylcholine et de la choline qui sont déterminées par l'interaction des deux groupements fonctionnels présents dans ces composés et quelles sont les propriétés se trouvant en liaison avec la distance qui sépare ces groupements, nous avons effectué la synthèse des composés (I) et (II), vinylogues respectifs de la choline (III) et de l'acétylcholine (IV).

|←max : 8 Å, min : 5,5 Å→|

$$I^{-}(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-C_6H_4-CH_2OH$$

(I)

|←max : 8 Å, min : 5,5 Å→|

$$I^{-}(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-C_6H_4-CH_2-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

|←max : 10 Å, min : 4 Å→|

(II)

|←max : 4,5 Å, min : 3 Å→|

$$X^{-}(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-CH_2OH$$

(III)

|←max : 4,5 Å, min : 3 Å→|

$$X^{-}(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-CH_2-O-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

|←max : 7 Å, min : 3 Å→|

(IV)

---

(2) *Trans. Farad. Soc.*, **39**, 1943, p. 372; *Science*, **109**, 1949, p. 264.

(3) *Science*, **107**, 1948, p. 94.

(4) M. J. Dallemagne et E. Philippot, *Arch. Intern. Pharmacodyn.*, **79**, 1949, p. 413.

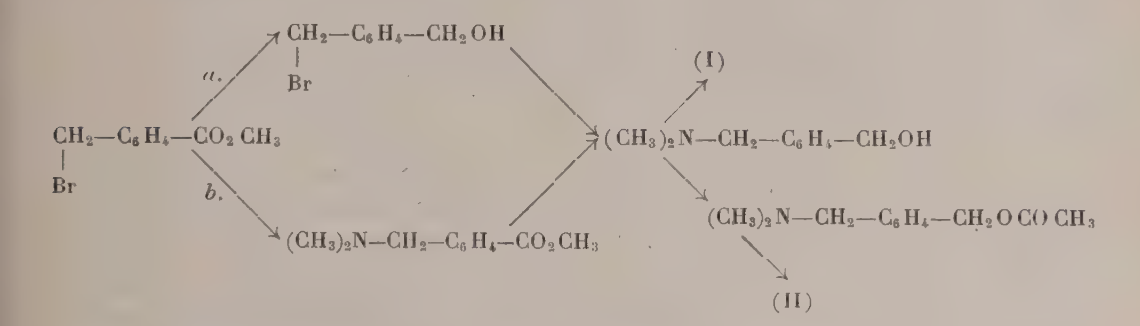
(5) J. H. Welsh, *Amer. Sc.*, **38**, 1950, p. 239.

(6) F. Bergel, *J. Pharm. pharmacol.*, **3**, 1951, p. 385.

(7) I. Marszak, J.-P. Guermont, R. Epsztein et J. Jacob, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 530. Ces auteurs étudient entre autres les vinylogues acétyléniques et éthyléniques de la choline et de l'acétylcholine.

Les effets mutuels exercés par les groupements fonctionnels dans les composés (I) et (III) d'une part et les composés (II) et (IV) d'autre part, doivent être semblables bien que les distances qui les séparent ne soient pas les mêmes. Rappelons que les effets électriques exercés mutuellement par les groupements polaires d'une molécule ne sont pas perturbés par introduction d'un système de doubles liaisons conjuguées entre ces groupements, c'est là le principe même de la vinylogie ([8]).

La suite des réactions utilisées pour la synthèse des composés (I) et (II) peut être schématisée comme suit :



Partie expérimentale. — *L'alcool p-diméthylaminométhylbenzylique* (E_4 134-135°) nécessaire à la préparation des composés (I) et (II) a été obtenu de deux façon différentes :

a. Par réduction au moyen de $LiAlH_4$ du *p-diméthylaminométhylbenzoate de méthyle* (E_4 114-115°) obtenu par action de $NH(CH_3)_2$ sur le *p*-bromométhylbenzoate de méthyle ([9]) en solution benzénique à froid;

b. Par action de $NH(CH_3)_2$ en solution benzénique à froid sur l'*alcool p-bromométhylbenzylique* (F 84°) lui-même préparé par réduction sélective d'après la méthode de H. Felkin ([10]) du *p*-bromométhylbenzoate de méthyle. Cet amino-alcool est transformé d'une part par un excès de ICH_3 en solution éthérée à froid en iodure de *p-hydroxyméthylbenzyltriméthylammonium* (I) (F 145-147°), d'autre part par CH_3COCl en solution benzénique à chaud en chlorhydrate du dérivé acétylé correspondant; celui-ci, après traitement par CO_3Na_2 à 10 % puis par ICH_3 en solution éthérée donne l'*iodure de p-acétoxyméthylbenzyltriméthylammonium* (II) (F 165-166°).

([8]) Bibliographie dans un article de C. MENTZER, *Bul. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 384.

([9]) R. C. FUSON et H. G. COOKE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1180.

([10]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1316.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone et ses dérivés.* Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur des composés susceptibles de présenter une activité inhibitrice contre le bacille tuberculeux, nous avons eu besoin de préparer l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone (II) dont la parenté avec l'acide paraminosalicylique (I) est évidente.

H_2N—⟨benzène⟩—COOH, OH (I)

H_2N—⟨benzène⟩—$COCH_3$, OH (II)

$CH_3.CO.NH$—⟨benzène⟩—$CO.CH_3$, OH (III)

$CH_3.CO.NH$—⟨benzène⟩—$CO.CH_3$, OCH_3 (IV)

H_2N—⟨benzène⟩—$CO.CH_3$, OCH_3 (V)

Il y a quelques temps déjà, Gibson et Levin, [1], décrivirent l'action du chlorure d'acétyle sur le métacétamino-anisole dans le sulfure de carbone en présence d'une grande quantité de chlorure d'aluminium. Ces auteurs obtinrent un produit fondant à 91° assez difficile à isoler, auquel ils attribuèrent la structure (III). Par hydrolyse chlorhydrique ils éliminèrent le reste acétyle et attribuèrent au produit obtenu, F 122-123° la formule (II).

Ayant observé que le dichloréthane-1.2 était un meilleur solvant que le sulfure de carbone pour les ingrédients utilisés par Gibson et Levin, nous avons eu la surprise d'obtenir des résultats différents en l'employant.

Le mélange réactionnel jeté sur de la glace pilée donna immédiatement un produit cristallisé qui fut séparé d'un peu de résine noire par extraction et recristallisation dans le benzène bouillant. Nous avons obtenu avec un rendement de 50 % environ un produit blanc bien cristallisé fondant à 142°.

Ce produit est soluble dans la soude, reprécipitable par acidification et son analyse correspond à la formule (III). Par hydrolyse chlorhydrique, on obtint un corps fondant à 130° dont l'analyse s'accorde avec la formule (II).

En répétant aussi exactement que possible l'expérience des auteurs anglais nous avons obtenu une petite quantité du même produit de F 142°. Toutefois une partie du produit de la réaction n'était pas soluble dans la soude ce qui nous a fait penser que peut-être le produit décrit par Gibson et Levin n'avait pas été déméthylé pendant la réaction.

Nous avons alors soumis notre produit de F 142° en solution alcaline à l'action du sulfate de méthyle à la manière habituelle ce qui nous a donné avec un très bon rendement un produit de point de fusion 87° que nous pensons être celui de Gibson et Levin et auquel nous attribuons la structure (IV). Par hydrolyse chlorhydrique, on obtient un produit du point de fusion 121°,5 dont l'analyse s'accorde avec la structure (V).

---

[1] *J. Chem. Soc. London*, 1931, p. 2401.

Une autre preuve de la structure du produit de F 142° a été obtenue en le préparant par une autre méthode. La réaction bien connue de Fries transforme les esters de phénols en hydroxy-cétones aromatiques. Si l'on soumet à l'action isomérisante du chlorure d'aluminium anhydre le dérivé diacétylé du métaminophénol, on obtient avec un bon rendement la même acétamino-4 hydroxy-2 acétophénone. L'étude de la réaction de Fries sur les esters d'aminophénols et en particulier du métaminophénol, où la position en para du groupe aminé est très réceptrice, est continuée.

Il était alors nécessaire de réexaminer l'activité antibactérienne de cette substance. En effet Erlenmeyer, Sorkin et Vögtli (1) ont étudié le produit de Gibson et Levin et ont trouvé une activité environ 100 fois inférieure à celle du P. A. S. Mais d'après ce qui précède cette grande différence d'activité peut être due en grande partie au blocage de la fonction phénol qui est connu pour abaisser considérablement l'activité des analogues du P. A. S. Les résultats de cette étude seront publiés ailleurs.

Enfin il était intéressant de préparer la thiosemicarbazone de l'amino-4 hydroxy-2 acétophénone et de son dérivé acétylé. En effet, ou connaît depuis plusieurs années la grande activité de la thiosemicarbazone de l'aldéhyde *p*.acétaminobenzoïque et récemment Drain, Goodacre et Seymour (2), *voir* aussi (3), trouvèrent que la thiosemicarbazone de l'aldéhyde amino-4 hydroxy-2 benzoïque était encore 30 fois plus active.

La thiosemicarbazone de l'acétamino-4 hydroxy-2 acétophénone ressemble encore plus au P. A. S. par sa moitié cétonique et garde les traits marquants des thiosemicarbazones les plus actives.

Elle a été obtenue aisément et fond à 281°. Elle possède une grande activité inhibitrice sur le B. K. Les résultats détaillés de l'étude biologique seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la déshalogénation argentique des méthyl*-1 *dihalogéno*-1.2 *cyclohexanes* cis *et* trans. Note de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier**, **Robert Henry** et Mlle **Magdeleine Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La configuration spatiale des méthyl-1 dihalogéno-1.2 cyclohexanes, obtenus selon diverses méthodes, est déterminée par déshalogénation argentique, réalisée en milieu anhydre par l'acétate d'argent dans l'acide acétique.

Le méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane *trans* (I) (addition de Br_2 sur le méthyl-1 cyclohexène) donne principalement du méthyl-1 acétoxy-2 cyclo-

(1) *Helv.*, 1949, p. 1275.

(2) *J. Pharm. Pharmacol.*, 1, 1949, p. 784.

(3) Katz et Hamlin, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 2801.

hexène-1 (II) $É_{20}$ 85°, d_{25}^{25} 0,985, n_D^{25} 1,4650, hydrolysé en méthyl-2 cyclohexanone, et une faible quantité d'un diacétate (III) $É_{20}$ 130°, saponifié en méthyl-1 cyclohexanediol-1.2 *cis* F 68°. Le mécanisme ci-dessous conduit à

(I) —Br− → CH_3 + Br ↔ CH_3 Br+ +AcO− → CH_3 OAc Br −Br− → CH_3 O O >C—CH_3 +

(IV)

l'ion (IV) qui, par suite de l'effet inductif du méthyle, ne peut se stabiliser par résonance entre deux structures, comme son homologue non méthylé ([1]); l'ion carbonium (V) qui en résulte donnera naissance à (II) et à (III)

CH_3 O Ac O Ac ← +AcO− CH_3 + (H) O Ac —H+ → CH_3 O Ac

(III) (V) (II)

(I) est également obtenu en traitant le méthyl-1 bromo-2 cyclohexanol *trans* par BrH concentré une semaine à la température ambiante ([2]). La protection apportée par le groupe voisin Br ne peut en effet conduire qu'à un dérivé de structure *cis*.

Dans les mêmes conditions, l'addition de BrH sur le méthyl-1 chloro-2 cyclohexène-1 (VI) ([3]) donne le méthyl-1 bromo-1 chloro-2 cyclohexane *trans* E_{20} 90-92°, d_{25}^{25} 1,433, n_D^{25} 1,5169, également identifié par obtention de (II).

Par contre, les méthyl-1 chloro-2 cyclohexanols *cis* et *trans* conduisent tous deux avec BrH (Rdt 80-85 %) au méthyl-1 bromo-1 chloro-2 cyclohexane *cis* (VII) E_{20} 92-93°, d_D^{25} 1,430, n_D^{25} 1,5172. Par suite de la non-participation du chlore voisin, il y a vraisemblablement formation à partir des halohydrines diastéréoisomères du même carbonium (VIII), à partir duquel la réaction s'oriente vers la formation d'un composé de structure *cis* [comme à partir de (V)], probablement par suite d'une protection exercée par le groupe méthyle.

([1]) WINSTEIN et BUCKLES, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2780 et 2787.

([2]) WINSTEIN et LUCAS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1580.

([3]) MOUSSERON et JACQUIER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 17, 1950, p. 648.

La déshalogénation de (VII) donne (VI) et du méthyl-1 acétoxy-6 cyclohexène-1 (IX) E_{15} 80°, saponifié en méthyl-1 cyclohexène-1 ol-6 (phényluréthanne F 94°); on isole en outre du méthyl-1 acétoxy-1 chloro-2 cyclohexane *cis* (X) E_{25} 110°, d_{25}^{25} 1,090, n_D^{25} 1,4665, identifié par hydrolyse en l'halohydrine correspondante (par abandon à la température ambiante avec de l'alcool chlorhydrique) et déshalogénation magnésienne de celle-ci en méthyl-2 cyclohexanone ([4]). En série *cis*, le groupe voisin ne pouvant participer à la réaction de substitution, il y a formation de l'ion carbonium (VIII), à partir duquel on comprend la formation d'une part de (X) (nouvel exemple d'orientation en *cis* par suite de la protection apportée par le méthyle), et d'autre part d'un mélange de chlorocyclohexènes (VI) et (XI), ce dernier conduisant à (IX).

CH₃—O Ac, Cl ← +AcO⁻ — CH₃ +, Cl —H⁺→ —CH₃, —Cl + —CH₂, —Cl

(X) (VIII) (VI) (XI)

(X) a également été obtenu par acétylation directe du méthyl-1 chloro-2 cyclohexanol *cis*; aucune déshalogénation ne se produit par action de l'acétate d'argent.

Par contre, avec l'halohydrine *trans*, on obtient, à côté d'une faible quantité de (II), un diacétate E_{20} 130-132° hydrolysé en méthyl-1 cyclohexanediol-1.2 *trans* F 84°, dibenzoate F 102° ([5]).

L'addition de BrH sur le méthyl-1 bromo-6 cyclohexène-1 ([6]) conduit au méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane *cis* E_{20} 105°, également identifié par déshalogénation argentique.

L'action de l'iododichlorobenzène sur le méthyl-1 cyclohexène en milieu chloroformique anhydre ([7]), ([8]) donne un mélange inséparable par distillation d'iodobenzène et de méthyl-1 dichloro-1.2 cyclohexane, dont la structure *trans* est démontrée par déshalogénation argentique en (II). Avec le dihydro-1.4 naphtalène, on isole le même dichloro-2.3 tétrahydro-1.2.3.4 naphtalène *trans* F 84-85° que celui résultant de l'addition du chlore ([9]).

([4]) Tiffeneau, Mlle Tchoubar, et Mlle Le Tellier, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 856.

([5]) Verkade, Coops, Mme Verkade et Maan, *Ann. Chem.*, **477**, 1930, p. 293.

([6]) Mousseron et Jacquier, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **18**, 1951, p. 106.

([7]) Garvey, Halley, et Allen, *J. Amer. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 1827.

([8]) Barton et Miller, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 370.

([9]) Waser, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, **49**, 1916, p. 1207.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la réaction de polycondensation des alcools selon Guerbet.* Note de M. **Jean Bolle**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une précédente Note ([1]) on a montré que la réaction de Guerbet représentée généralement de la manière suivante

$$\begin{array}{rcl} 2\,R{-}CH_2{-}CH_2OH & \xrightarrow[-2H_2]{} & 2\,R{-}CH_2{-}CHO \\ 2\,R{-}CH_2{-}CHO & \xrightarrow[AlcONa]{} & R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CHO + H_2O \\ R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CHO & \xrightarrow[+2H_2]{} & R{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(R){-}CH_2OH \end{array}$$

pouvait être réalisée à des températures relativement basses et à pression ordinaire en utilisant le Nickel Raney comme catalyseur de déshydrogénation, l'alcoolate de sodium comme agent de condensation et la chaux vive comme déshydratant du mélange en réaction. La réaction n'est pas limitée à la production d'un alcool à nombre de carbone double, mais il se forme des alcools plus condensés, par triplement, etc.

On a constaté qu'il se dégageait au cours de la réaction une quantité importante d'hydrogène, souillé de petites quantités d'hydrocarbures correspondants à la coupure ([2])

$$R - CH_2 - CH_2OH \rightarrow R - CH_3 + CO + H_2.$$

La quantité d'hydrogène produit est de l'ordre de grandeur de celle devant résulter théoriquement de la déshydrogénation au cours de la réaction.

Pour expliquer la formation d'alcools de condensation saturés, on admet le mécanisme d'échange fonctionnel suivant :

$$\begin{array}{rcl} 2\,R{-}CH_2{-}CH_2OH & \xrightarrow[-2H_2]{} & 2\,R{-}CH_2{-}CHO \\ 2\,R{-}CH_2{-}CHO & \xrightarrow[AlcONa]{} & R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CHO + H_2O \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} & R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CHO + R{-}CH_2{-}CH_2OH \\ \xrightarrow[AlcONa]{} & R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CH_2OH + R{-}CH_2{-}CHO \\ & R{-}CH_2{-}CH{=}C(R){-}CH_2OH + R{-}CH_2{-}CH_2OH \\ \xrightarrow[AlcONa]{} & R{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(R){-}CH_2OH + R{-}CH_2{-}CHO \end{array}$$

(the $R{-}CH_2{-}CHO$ formed in each exchange returns to the condensation step $2\,R{-}CH_2{-}CHO$)

([1]) J. Bolle et Bourgeois, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1466.

([2]) Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 4, 1905, p. 471.

La première réaction d'échange fonctionnelle est classique; la deuxième peut s'interpréter en considérant l'alcool éthylénique comme tautomère de l'aldéhyde $R-CH_2-CH_2-CH(R)-CHO$; on sait par ailleurs que la réduction de Bouveault et Blanc, effectuée avec l'ester d'un acide $\alpha.\beta$-éthylénique, fournit l'alcool saturé correspondant.

L'alcool de doublement peut à son tour subir la déshydrogénation, ou l'échange fonctionnel, et l'aldéhyde obtenu, se condenser avec l'aldéhyde $R-CH_2-CHO$. Le produit de condensation alors formé est l'alcool de triplement $R-CH_2-CH_2-CH(R)-CH_2-CH(R)-CH_2OH$. La réaction, restituant toujours de l'aldéhyde, peut se poursuivre jusqu'aux produits de condensation les plus élevés.

En pratique la polycondensation est rapidement limitée par la fatigue du catalyseur, la présence d'une quantité limitée de chaux et la formation d'acides au dépens des aldéhydes par la réaction :

$$2R-CH_2-CHO \rightarrow R-CH_2-COOCH_2-CH_2R.$$

La démonstration du mécanisme proposé peut être faite en supprimant le catalyseur de deshydrogénation et en introduisant l'aldéhyde dans le mélange réactionnel.

L'expérience suivante a été faite en utilisant l'alcool butylique normal et l'aldéhyde éthyl-2 hexylique, l'aldéhyde butylique pouvant donner lieu à des pertes sensibles par volatilité :

Dans un ballon de 1 l on place 400 g d'alcool butylique normal dans lequel on dissout 23 g de sodium. On ajoute 90 g de chaux vive et l'on chauffe à léger reflux. On introduit en 1 h, 40 g d'aldéhyde éthyl-2 hexylique. Après 20 h de chauffage le mélange est traité de manière à séparer les alcools et les acides pouvant résulter de la réaction.

On a obtenu après distillation : 72 g d'éthyl-2 hexanol E_{760} 181-183°, 3 g de fraction alcoolique plus lourde non identifiée.

Par distillation et titration on a caractérisé : 8,7 g d'acide butyrique, 2 g d'acide plus condensé (probablement éthyl-2 hexanoïque).

Ces résultats démontrent que les réactions d'échanges fonctionnels se sont effectuées selon le mécanisme proposé, l'aldéhyde éthyl-2 hexylique fournissant de l'aldéhyde butylique qui subit la condensation aboutissant à l'éthyl-2 hexanol; les quantités d'acides formés correspondent sensiblement à l'arrêt de la réaction par disparition des aldéhydes. Enfin il faut remarquer que la condensation supérieure conduisant à l'alcool de triplement est notablement moins rapide que la réaction de formation de l'alcool de doublement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La basicité des alcoylanilines : influence de groupements méthyle en α et en β par rapport à l'azote.* Note de Mlle **Gisèle Vexlearschi** et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude systématique de la ramification de la chaîne montre le caractère progressif de l'augmentation de basicité sous l'influence de méthyles en α. « L'effet β » est une diminution de basicité, également progressive, observée tant dans la série aliphatique que dans la série aromatique, pour des amines tertiaires, secondaires et même primaires.

Nous avions constaté, dans nos recherches antérieures, qu'une ramification en α n'a qu'un très faible effet sur la basicité des amines aliphatiques ([1]), alors qu'elle entraîne une très nette augmentation de basicité des amines aromatiques : un exemple simple est fourni par la *t*-butylaniline ([2]) et nous avons rattaché ce fait à l'empêchement stérique de mésomérie.

Afin de confirmer cette hypothèse, nous avons étudié une série d'amines de plus en plus substituées sur le carbone en α. On constate que le pK_H augmente progressivement avec l'encombrement : méthylaniline 4,85 à 25° ([3]), éthylaniline 5,11 à 25° ([3]), *i*-propylaniline 5,77 à 25°, *t*-butylaniline 7,10 à 19° ([2]) ou environ 7,0 à 25°. Cet effet se manifeste encore plus nettement sur les amines tertiaires : diméthylaniline 5,06 à 25° ([3]), diéthylaniline 6,56 à 25° ([3]), di-*i*-propylaniline 7,45 à 19° ou environ 7,35 à 25°, méthyl-*t*-butylaniline 7,25 à 31° ([2]) ou environ 7,35 à 25°.

On remarquera que, dans bien des cas, l'encombrement n'est pas suffisant pour exclure une configuration sensiblement coplanaire, permettant la conjugaison de l'azote avec le cycle, mais plus les radicaux fixés à l'azote portent de méthyles en α, moins nombreuses sont les orientations compatibles avec une telle configuration stérique, parmi toutes celles que peuvent prendre les substituants par rotation autour de la liaison carbone-azote; l'agitation thermique provoque alors des chocs de plus en plus fréquents entre les substituants et les hydrogènes ou *ortho*, chocs qui tendent à éjecter les liaisons de l'azote hors du plan du noyau, ce qui a pour effet de rendre moins probables des configurations proches de la coplanéité et, par conséquent, de s'opposer à la conjugaison responsable de la faible basicité des amines aromatiques. Cette interprétation explique pourquoi la forte augmentation de basicité n'a lieu qu'en série aromatique et croît si progressivement.

Nous avons également étudié l'effet d'un encombrement sur le carbone

---

([1]) G. Vexlearschi, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1655.
([2]) G. Vexlearschi et P. Rumpf, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1152.
([3]) N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469-3485.
([4]) G. Thomson, *J. Chem. Soc., Lond.*, 1946, p. 1113-1116.

en position β, et nous avons constaté, par contre, une diminution progressive du pK_H, comme le montrent les résultats suivants : éthylaniline 5,11, *n*-propylaniline 5,02 à 25° [3], *i*-butylaniline 4,51 à 19° ou environ 4,42 à 25°, *néo*-pentylaniline 4,26 à 18° ou environ 4,16 à 25°. De même, diéthylaniline 6,56, di-*n*-propylaniline 5,59 à 25° [3], di-*i*-butylaniline 4,05 à 18° dans l'alcool à 50 %, ce qui ferait approximativement 5,0 dans l'eau à 25°. Et aussi *t*-butylaniline 7,0, *t*-amylaniline 6,76 à 25°, *t*-hexylaniline 6,30 à 30° [2] ou environ 6,37 à 25°.

Cette diminution, dont nous avions déjà signalé plusieurs exemples [1] [2], avait été interprétée par l'effet de contrainte stérique de Brown [2]. Mais cet effet peut être évoqué seulement pour des amines tertiaires ou au moins secondaires, alors que nous constatons également des diminutions de basicité pour des amines primaires comme l'*ortho*-toluidine 4,42 [3] et la *méta*-xylidine vicinale 3,42 dans l'alcool à 50 % [4] ou approximativement 3,9 dans l'eau [*cf.* aniline 4,58 et *para*-toluidine 5,11 [3]]; or, l'hyperconjugaison du méthyle avec le cycle augmente la densité électronique et gêne la conjugaison de l'azote en *ortho* et en *para*; le méthyle devrait, par suite, augmenter la basicité de l'*ortho*-toluidine comme celle de l'isomère *para*, si un autre effet n'intervenait pas.

En série aliphatique, on observe une diminution de basicité comparable, quoique moins prononcée : éthylamine 10,67, propylamine 10,58, *i*-butylamine 10,42 à 25° [3], néopentylamine 10,58 à 16° [1] ou environ 10,38 à 25°.

On peut se demander si cette influence des méthyles en β résulte d'une action électrostatique diminuant la stabilité de l'ion par rapport à celle de l'amine, ou d'une sorte de « masquage » de l'azote, purement stérique, agissant davantage sur la probabilité d'ionisation que sur le processus inverse. Lorsque le méthyle est directement lié à un noyau aromatique, l'effet inductif du carbone non saturé sur lequel il est fixé et l'hyperconjugaison avec le noyau diminuent la densité électronique autour des hydrogènes; on peut donc s'attendre à une répulsion électrostatique accentuée vis-à-vis de l'ion H^+ : la faible basicité observée rend plausible notre première hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Une nouvelle synthèse de la chloromycétine.* Note de MM. **Albert Funke** et **Pierre Kornmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

En engageant les oxhydryles du phényl-1 bromo-2 propanediol-1.3 dans un hétérocycle tel qu'un acétal, les auteurs obtiennent après action de l'ammoniac et hydrolyse, le phényl-1 amino-2 propanediol-1.3 sous sa forme Threo. A partir de ce corps, on obtient la chloromycétine racémique qui en est le dérivé paranitré et N-dichloracétylé.

Les synthèses de la chloromycétine et du phényl-1-amino-2-propanediol-1.3,

intermédiaire important de sa préparation, ont été jusqu'à maintenant abordées par deux voies différentes. La première ([1]), ([2]), ([3]) consistait à édifier par étapes successives le squelette carboné de la molécule tout en y greffant les fonctions adjacentes, la deuxième ([4]) à synthétiser la phénylsérine que l'on réduisait ensuite en phénylsérinol. Il nous a semblé intéressant de partir d'une substance possédant le squelette carboné de la chloromycétine tout en opérant de manière à éviter une réduction.

Pour cela, nous nous sommes adressé au phényl-1-bromo-2-propanediol-1.3 ([5]). On sait que l'action de l'ammoniaque ([4]) ou de certaines amines ([5]) sur ce corps ou sur le dérivé iodé correspondant conduit à des aminoglycols dont la fonction amine est en position 1. Nous avons pensé obtenir des amino-2-diols-1.3 en engageant les oxhydryles 1 et 3 dans un hétérocycle tel qu'un acétal cyclique.

Ainsi, avec l'aldéhyde benzoïque employé en excès en présence de chlorure de zinc, on obtient le bromobenzal de formule

```
C6H5—CH—CHBr—CH2
     |          |
     O----CH----O
          |
         C6H5
```

fondant à 82° aprés recristallisation dans l'alcool.

Analyse : $C_{16}H_{15}O_2Br$, calculé % C 60,30; H 4,71; Br 25,08; trouvé % C 60,51; H 4,59; Br 25,40.

La solution benzénique de ce bromobenzal, réagissant à chaud dans un autoclave avec de l'ammoniac liquide, donne naissance à l'aminobenzal correspondant.

Celui-ci, sans être isolé, est transformé après évaporation du solvant en chlorhydrate de phényl-1-amino-2-propanediol-1-3 par ébullition avec de l'acide chlorhydrique 3N. La base libre, qui appartient à la série Threo est caractérisée par son point de fusion (F 86°) et ceux de ses dérivés mono, di et triacétylés fondant respectivement à 136-137°, 167° et 80°.

Elle est triacétylée, nitrée et désacétylée selon la technique habituelle ([1]). Par action du dichloracétate de méthyle, on obtient la chloromycétine racémique (F 149°) dont l'activité bactériostatique, contrôlée *in vitro* sur *staphylococcus albus*, souche Londres, est égale à la moitié de celle de la chloromycétine naturelle.

([1]) CONTROULIS et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2463.
([2]) LONG et TROUTMAN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2469.
([3]) LONG et TROUTMAN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2473.
([4]) CARRARA et WEITNAUER, *Gazz. chim. Italiana*, 79, 1949, p. 856.
([5]) TSOU et CROMWELL, *J. Org. Chem.*, 15, (6), 1950, p. 1292.

MINÉRALOGIE. — *Extraction et étude de quelques phyllites des minerais de fer sédimentaires.* Note de M[lle] **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Esquevin**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans une étude antérieure [1], nous avions examiné un certain nombre de phyllites des minerais de fer sédimentaires. Nous avions pu identifier la présence de chlorites, d'antigorite ferrifère (berthiérine) et de mica. Cependant, la méthode d'extraction utilisée n'avait fourni que des produits très impurs.

Une étude plus poussée de ces substances nécessitait l'emploi d'une meilleure technique de séparation. Après une série d'essais, nous sommes arrivés au procédé suivant :

Le minerai broyé est passé au travers du tamis n° 60. La poudre ainsi obtenue est ensuite placée dans la case centrale d'un électrodialyseur à compartiments superposés. En appliquant un champ de 20 V : cm, on obtient tout d'abord un déplacement du calcium provenant probablement du carbonate contenu dans l'échantillon. Celui-ci précipite d'ailleurs sous forme de calcite dans le compartiment cathodique. Après une durée de quelques jours, variable d'ailleurs avec le minerai, on observe souvent une migration intense d'hydroxyde de fer qui se dépose sur la membrane, ou même la traverse et se rassemble dans le compartiment cathodique. On prolonge durant 3 ou 4 jours cette étape du traitement. Après arrêt de l'électrodialyse, l'échantillon présente deux phases distinctes, l'une rouge colloïdale, et l'autre de couleur foncée, constituée principalement par des fragments d'oolithes. On recueille la totalité et l'on sèche à 105°.

La matière est ensuite portée à l'ébullition pendant 30 mn. Par lévigation des éléments, on sépare la majeure partie des hydroxydes colloïdaux les fines particules de carbonate et les phyllites contenues dans le ciment du minerai qui se trouvent ainsi éliminés. Il reste au fond du récipient des fragments d'oolithes et de minéraux associés.

On malaxe la pâte dans un mortier de verre avec un pilon, mais sans appuyer. Par lavage à l'eau, les produits les plus fins passent en suspension et sont ainsi aisément séparés par décantation. On pousse l'extraction jusqu'à la disparition des fragments d'oolithes. Le résidu est alors formé de quartz, sidérose et hydroxyde de fer cristallisé. Il est bon de vérifier au microscope la pureté des produits extraits.

Les suspensions fines obtenues par malaxage sont purifiées par deux décantations successives de 24 h sous 15 cm. Finalement les particules

(1) J. Orcel, S. Hénin et S. Caillère, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 134.

fines sont recueillies par dessiccation au bain-marie. Le principe même de ce procédé montre qu'au moins pour un certain nombre de minerais, les phyllites sont, pour une part importante, localisées dans les oolithes.

L'étude de ces silicates, tant par l'analyse thermique que par l'examen aux rayons X montre que les minéraux recueillis sont relativement purs. Ils sont parfois associés à des hydroxydes de fer dont on les débarrasse assez facilement par traitement à l'hydrosulfite de sodium (²). Cependant une purification très sensible ne peut être obtenue qu'à condition de broyer le moins possible les cristaux, et d'autre part de rejeter les toutes premières et les dernières décantations. Évidemment, dans ces conditions, la quantité de phyllite obtenue est faible, de l'ordre de 1 à 2 %.

Cette technique a été appliquée aux minerais de la couche verte d'Angeviller, de Moulaine et d'Auboué. La phyllite extraite du premier minerai appartient à la famille des montmorillonites. Quant à celle d'Auboué, elle donne un diagramme de chlorite. Cependant imprégnée de glycérol, elle montre le gonflement typique des montmorillonites et, chauffée à 500°, elle donne un diagramme dont la raie à 14 Å se transforme en halo s'étendant de 10 à 14 Å. Il s'agit donc d'une chlorite « gonflante », peut-être associée à de la montmorillonite. Rappelons qu'un tel minéral avait été obtenu au Laboratoire par précipitation de divers hydroxydes au contact d'une montmorillonite de Camp Bertaux (Maroc) (³) puis découvert dans une marne par I. Stephens et D. M. C. Mac Ewan (⁴).

Quant au minerai de la couche verte de Moulaine, il contient de la sidérose, en particules si fines, qu'il n'a pas été possible d'en débarrasser complètement la phyllite. La pureté du produit extrait était cependant suffisante pour distinguer nettement le diagramme du silicate. C'est un type intermédiaire entre les minéraux d'Auboué et d'Angeviller, car si le produit donne un diagramme normal de chlorite, après chauffage, le halo remplaçant la raie à 14 Å est moins étalée vers le centre que dans le cas du minerai d'Auboué. Il n'est toutefois pas possible de savoir s'il s'agit d'une chlorite moins bien formée que celle d'Auboué, ou si la proportion de montmorillonite est plus grande que dans ce minerai.

Ces résultats montrent que les silicates hydratés associés aux minerais de fer sédimentaires ne sont pas uniquement des chlorites, mais peuvent appartenir à divers types de minéraux. Cependant il est possible que dans un bassin donné prédomine un type de phyllite.

(²) B. C. Debb, *J. Soil Sciences*, **1**, n° 2, 1950, p. 212.

(³) S. Caillère et S. Hénin, *Miner. Mag.*, **28**, 1949, p. 612-620.

(⁴) *Clay Miner. Bull.*, **1**, 1949, n° 5, p. 157-162.

MINÉRALOGIE. — *Observations préliminaires sur la présence d'un vanadate d'urane dans les gisements de phosphates du Maroc.* Note de MM. **Camille Arambourg** et **Jean Orcel** (1), présentée par M. Paul Fallot.

Au cours d'études paléontologiques dans les gisements de phosphates du Maroc en 1934-1935, l'un de nous (C. Arambourg) eut l'occasion d'observer en divers points la présence, sous forme d'imprégnations ou de remplissage de fissures dans les bancs calcaires ou siliceux des formations phosphatées, d'un minéral jaune verdâtre, évoquant immédiatement l'idée d'un sel possible d'uranium.

Les premières observations furent faites dans le bassin des Ouled Abdoun dans la région d'El Borrouj où presque toutes les galeries de recherches recoupaient des surfaces de fissuration imprégnées de la teinte caractéristique. Par la suite, la présence du minéral se révéla à peu près générale dans tous les autres points du bassin. L'année suivante (1935) les mêmes observations purent être faites; dans le bassin des Ganntour, au Sud de l'Oum-er-R'bia. Là, au lieudit Chabet Hallouf près du centre de Louis Gentil, la substance se présente en quantités assez notables dans les fissures de bancs de silex.

La dispersion des points où la substance a été observée, toujours dans les mêmes conditions que celles indiquées ci-dessus, semble indiquer que sa présence est générale dans l'ensemble des bassins phosphatés du Maroc aussi bien au Nord qu'au Sud de l'Oum-er-R'bia.

Ce minéral est essentiellement un vanadate d'urane du type tiujamunite, carnotite, ou ferghanite, mais son étude minéralogique (J. Orcel) n'a pu encore aboutir à une détermination précise de l'espèce parce qu'il a été jusqu'à présent impossible de l'isoler assez complètement de sa gangue pour en effectuer une analyse quantitative. Il serait nécessaire de procéder aux séparations sur une plus grande quantité des roches qui le renferment.

Toutefois, il est certain que le vanadium y est combiné à une proportion d'uranium comparable à celle contenue dans les espèces qui viennent d'être citées. Il impressionne la plaque photographique à peu près avec la même vigueur que la tiujamunite, la carnotite et l'autunite.

L'analyse spectrale (spectre d'arc) a mis en évidence des éléments suivants :

en grande quantité : Va;

en proportions notables : Si, Ca, Al, Ba, Mg, P, Sr, Na;

en faibles quantités ou en traces : Fe, Cr, Mn, Ni.

On ne distingue aucune raie de l'uranium, mais on sait que cet élément est

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12 100, déposé le 24 septembre 1945, ouvert à la demande des auteurs le 3 décembre 1951.

peu sensible à l'analyse spectrale, et que ses raies n'apparaissent que pour des teneurs très fortes, supérieures à 80 %.

A noter l'absence des raies de potassium. Le minéral n'est donc pas de la carnotite. Les raies du phosphore et du silicium sont dues à la gangue siliceuse et phosphatée; quant aux autres raies, elles peuvent provenir en partie du minéral, en partie de la gangue.

Au microscope, ce minéral paraît former des agrégats cryptocristallins de petites paillettes jaune d'or, fortement réfringentes et biréfringentes, dont les dimensions dépassent rarement 10 μ.

Elles sont solubles dans les acides nitrique et chlorhydrique. La solution, agitée avec de l'eau oxygénée et de l'éther se colore en rouge intense, réaction qui caractérise le vanadium.

D'autre part, la solution résultant de l'attaque par l'acide nitrique, évaporée à sec, laisse un résidu qui, repris par l'eau, fournit une liqueur colorant en rouge brun un papier imprégné d'une solution de ferrocyanure de potassium, réaction qui caractérise l'uranium.

Le mode de formation de ce minéral est encore problématique; cependant, étant donné qu'il remplit toujours des fissures, il est vraisemblable d'admettre qu'il résulte d'un transport par dissolution, de sels d'urane appartenant à un gîte plus profond, toujours d'origine sédimentaire, peut-être analogue à ceux du Colorado et de l'Utah.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme régional du Paléozoïque dans l'anticlinal de Lanvaux, en Armorique méridionale, et sur l'âge du granite de Lanvaux* (¹). Note de M. **André Demay**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

a. Au point de vue stratigraphique, j'adopte, pour les grès de Bains et pour le poudingue du Dreneux, les conclusions de Mlle Faure-Muret et celles de M. Pierre Pruvost (¹). Le poudingue du Dreneux, à petits galets de quartz semble bien être l'équivalent des poudingues, assimilés à celui de Montfort, qui, au Nord de l'anticlinal de Lanvaux, forment souvent la base du Potsdamien et surmontent le Briovérien à poudingues de Gourin, considéré par M. P. Pruvost, comme cambrien plus ancien. Les galets de schiste séricitenx (A. Faure-Muret) sont absents ou rares et, à mon sens, d'origine lointaine. J'ai d'ailleurs observé un microgalet de ce type dans la série inférieure.

En aucun point, je n'ai observé, entre les grès de Bains et la série briovérienne sous-jacente, une discordance ou une discontinuité. Même lorsqu'il

(¹) A. Demay, *C. R. Congrès géol. int.*, Londres, 1948 (en impression); *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2239; A. Faure-Muret, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, **14**, 1944, p. 280; P. Pruvost, *Ann. Héb. et Haug*, **7**, 1949, p. 345.

existe un poudingue entre les deux termes, rien ne prouve une discontinuité, autre que la discontinuité lithologique habituelle à la base des poudingues intraformationnels. Mais le contact exact n'est pas visible. J'attribue ainsi, avec quelque réserve, à la série inférieure un âge acadien ou, pour une part, géorgien, tandis que les grès de Bains représentent probablement le Potsdamien et l'Ordovicien inférieur.

b. J'ai constaté que ce *Paléozoïque a été affecté par un métamorphisme régional*, qu'il est souvent difficile de distinguer du métamorphisme de contact dû au granite de Lanvaux et qui est sans doute en partie lié à sa mise en place. Le degré est, soit celui de schistes ou grès à séricite et biotite abondante, mais en fines lamelles, visibles seulement au microscope, soit celui de schistes ou grès, riches en séricite. C'est seulement à l'Ouest, à partir de Baud, qu'il y a *passage à de véritables micaschistes*, où la biotite reste encore microscopique.

A l'Est, à hauteur de Redon, le métamorphisme atteint seulement la série inférieure, le poudingue du Dreneux et, au-dessus de lui, une partie des grès de Bains (Potsdamien).

A Beauro (Pl. 213) et à la Garenne du Dreneux (Pl. 472 à 475), le *poudingue est riche en biotite* de métamorphisme. Près de la Grée de Savigny (Pl. 477), le poudingue ne contient que de la séricite; mais à quelques dizaines de mètres, un schiste grèseux contient de la biotite (Pl. 476). La série inférieure présente elle-même ici, soit des faciès sériciteux pauvres en biotite, soit des faciès à biotite abondante. En sens inverse, dans une zone assez haute des grès de Bains, mais un peu plus à l'Ouest, j'ai observé de la biotite fine, mais abondante, au Nord-Ouest de Glénac (Pl. 218), à 1200 m du granite de Lanvaux et 7 km du massif de granulite le plus proche.

A hauteur de Sérent, le métamorphisme affecte aussi bien les grès de Bains que la série métamorphisée par le granite, peut-être encore potsdamienne et postérieure au poudingue du Dreneux, qui n'est pas connu ici. Plus à l'Ouest, au village de Callac, j'ai observé dans des grès fibreux typiques de la série de Bains, ici nettement arkosiques, de la séricite de métamorphisme abondant, et un peu de fine biotite (Pl. 389). Au Sud-Ouest de Locminé, les schistes carburés, attribués par tous les auteurs au Gothlandien, sont transformés en schistes sériciteux (Pl. 391), à 600 m du granite et 1200 m des granulites. Il en est de même près de Baud. Il existe ici une bande de quartzites blancs, assez puissants, exploités en carrière, qui sont considérés comme l'équivalent des grès gothlandiens et qui pourraient être, quoique de manière moins probable, du grès armoricain. *Une intercalation schisteuse dans les quartzites est un micaschiste à muscovite et biotite microscopique abondante* (Pl. 480). D'autres plaques prouvent la continuité de ce métamorphisme avec celui des micaschistes

notés x sur les cartes au 80 000ᵉ et au 320 000ᵉ. *Le métamorphisme régional atteint ici certainement l'Ordovicien et probablement le Gothlandien.*

c. J'ai observé de manière précise le *métamorphisme de contact, au contact même du granite de Lanvaux*, dans cette série paléozoïque métamorphique : gneiss de contact à biotite ou leptynolites, grès et schistes feldspathisés, plus rarement schistes tachetés (la Chénais au Sud-Est de Bains, le Gorais, Sud de Sérent, Sud de Callac, Sud de Moustoirac, Sud de Baud). A Beauro, le granite atteint le poudingue du Dreneux, qui est riche en biotite; mais il n'est pas possible de distinguer le métamorphisme régional et le métamorphisme de contact, celui-ci très probable cependant; car à 50 m vers le Sud, la biotite devient très rare. On peut noter que la biotite, en fines lamelles moulant les grains ou galets, se présente sous le même aspect dans des grès feldspathisés, au Sud de Sérent, près du granite.

La continuité stratigraphique et celle du métamorphisme dans toute cette série paléozoïque montrent qu'il est impossible d'envisager une série inférieure, métamorphisée par le granite avant l'Acadien, et une série supérieure transgressive, non métamorphique.

De plus, dans la région de Baud, le granite métamorphise des schistes qui sont, soit ordoviciens, soit, de manière plus probable, gothlandiens. Entre le tunnel et la gare de Baud et la route de Baud à Camors, j'ai observé des schistes carburés ordoviciens ou plus vraisemblablement gothlandiens, parfois peu métamorphiques, puis des schistes carburés, avec une proportion croissante de biotite, enfin un gneiss de contact riche en biotite, au contact du granite. Ici le métamorphisme de contact se sépare nettement du métamorphisme régional.

On peut conclure, de manière presque certaine, que le granite de Lanvaux est un granite hercynien, en partie antétectonique, en partie syntectonique, par rapport à la phase orogénique essentielle, plus ancien que les granulites et que beaucoup des granites armoricains, mais peut-être de même âge que les granites et migmatites syntectoniques évoqués dans ma Note de 1951 (*loc. cit.*).

GÉOLOGIE. — *Vestiges de Vertébrés dans les alluvions récentes de l'île Chevire, près de Nantes.* Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Paul Fallot.

Des sondages effectués pour la construction d'une centrale électrique dans l'île Chevire, à l'aval de Nantes, ont été suivis par M. A. Allemand, ingénieur en Chef à l'Électricité de France, qui m'a remis les échantillons recueillis sur place.

Les alluvions récentes de la Loire y sont principalement constituées par des sables quartzeux jaune foncé, alternant plus ou moins régulièrement avec des couches d'argiles limoneuses noirâtres de 0,30 à 0,50 m d'épaisseur.

Un sondage situé à peu près sous l'i de « Chevire » sur la carte d'État-Major au 80 000e, à la cote + 6, a rencontré les gneiss leptynitiques à 7 m de profondeur, soit à la cote — 1,00. A 4 m au-dessous du sol (cote + 2,00), il a fourni des restes de Vertébrés très fossilisés, présentant une patine noire et brune. Ce sont [1] :

Equus caballus L., une première molaire supérieure gauche;

Bos taurus L., ou espèce très voisine, de petite taille, une première molaire supérieure droite;

Partie proximale d'un métatarse droit de Ruminant, probablement d'un petit Bovidé. La surface articulaire paraît avoir été intentionnellement usée et percée.

Une fouille exécutée à une cinquantaine de mètres de ce sondage, à 190 m de la berge de la Loire à peu près, a traversé 11 m d'alluvions récentes avant d'atteindre les gneiss leptynitiques à la cote — 5 environ. A 5 m de profondeur ont été rencontrés des pieux paraissant correspondre à des pilotis.

Ces vestiges holocènes paraissent pouvoir être attribués au début de la période des métaux, sans qu'il soit possible de préciser. Ils sont peut-être à peu près contemporains de ceux de la couche de — 7 m du bassin de Penhoët et plus anciens que ceux rencontrés à 3 ou 4 m de profondeur dans les vases de Nantes, dont G. Denizot [2] a donné la bibliographie.

GÉOLOGIE. — *Découverte en Algérie, dans la Chaîne numidique, du Lias à Rhynchonellines.* Note (*) de MM. **Gonzague Dubar** et **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

La découverte dans la Chaîne numidique de Rhynchonellines du Lias inférieur, connues des Alpes à la Sicile et dans le Rif, permet de prévoir l'existence, entre ces deux dernières régions, d'une liaison marine directe, peut-être par le Sud du bourrelet ancien kabylo-rifain. L'Hettangien-Sinémurien est, pour la première fois, daté dans la Chaîne numidique.

Poursuivant des recherches dans le Nord-Constantinois, l'un de nous (M. D. D.) a découvert au Djebel Rhedir plusieurs gîtes de Brachiopodes d'aspect paléozoïque. Leur étude (G. D.) a permis d'y reconnaître des Rhynchonellines du Lias inférieur.

Le massif du Rhedir, situé à 25 km au Sud de Philippeville représente le dernier relief calcaire important de l'Est de la Chaîne numidique. Rapporté au Lias par L. Joleaud, il a été l'objet d'une description détaillée de

---

(1) Déterminations confirmées et précisées par M. C. Arambourg.

(2) *Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, 2, fasc. 4, 1921, *voir* p. 467-468.

(*) Séance du 26 novembre 1951.

P. Deleau ([1]). Le Lias du Rhedir, plissé en dôme surbaissé, ne montre ni sa base ni son substratum : à tous ses contacts avec le Cristallophyllien qui l'entoure, celui-ci le chevauche en écailles diversement orientées. Par ailleurs, le Nummulitique le recouvre en discordance.

La série stratigraphique comportait aux yeux de P. Deleau trois niveaux : des dolomies (Lias inférieur), des calcaires blancs (Lias moyen p. p.), des calcaires marneux sublithographiques à silex et à débris de Belemnites avec intercalations de marnes schisteuses (Domérien et Lias supérieur).

Nos recherches nous amènent à envisager une série sensiblement différente (M. D. D.). C'est ainsi que dans le Sud-Ouest du massif, une coupe du Nord au Sud passant par le sommet 510, montre la superposition de trois termes presque horizontaux, concordants entre eux. Ce sont, de haut en bas :

3° Des marnes schisteuses dures, à lamelles de calcite litée; jaunâtres au sommet, où s'observent des lentilles de dolomie brune; ces marnes sont rougeâtres vers le bas, où elles admettent de petits nodules de calcaire à grain fin.

2° Des brèches calcaires rouges, alternant avec des calcaires à silex de couleur grise ou violacée.

1° Des calcaires massifs blancs, marmoréens à la cassure.

Le terme inférieur peut se charger, plus ou moins, de dolomie. Constituant l'essentiel de la masse montagneuse, il mesure au moins 500 m d'épaisseur. Quoique inconnu, son susbtratum doit être constitué par le Cristallophyllien : en effet, un peu au Sud-Est du Rhedir, au Koudiat bou Fernana, des dolomies et calcaires, de faciès très analogue, surmontent directement des micaschistes à séricite.

Le terme moyen, bien que succédant en continuité au précédent, paraît le raviner. Sa puissance oscille autour de 50 m. Son faciès n'est pas constant : les brèches peuvent y remplacer en totalité les calcaires en dalles, et inversement. On observe aussi parfois des poudingues, passant à des calcaires noduleux.

Le terme supérieur ne semble représenté qu'à l'Ouest de Dar-el-Oued. Son épaisseur mesurable n'est pas inférieure à 100 m. Des marnes analogues à celles qui le constituent se retrouvent intercalées entre les bancs calcaires du sommet du niveau 2.

Ainsi, le Djebel Rhedir montre une série, surtout calcaire, dont la puissance dépasse 600 m, et dont le faciès nous est inconnu dans le reste de la Chaîne numidique. La découverte de faunes permet de l'identifier.

Le niveau 3 ne nous a fourni, dans ses marnes, que des Foraminifères encroûtés, indéterminables. Le niveau 2 a, par contre, livré des Rhynchonellines, dans plusieurs gîtes, dispersés au pourtour du massif : *Rhynchonellina* (*Geyeria*) *Geyeri* Bittn., *Rh.* cf *Suessi* Gemm., *Rh. Neumayri* Carap. et Schop., de nombreuses *Rh.* aff. *Brusinai* Eichenb., et de petits exemplaires à rapprocher de *Rh. Gastonei* Carap. et Schop.. Un bloc paraissant provenir du sommet du niveau 1 a révélé, outre des *Rh. Suessi* Gemm.?, une espèce nouvelle ayant des affinités avec *Rh. Seguenzae* Gemm. : elle sera décrite ultérieurement.

([1]) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1938, 2e série, n° 14, p. 82 et 294.

Au point de vue stratigraphique, ces Rhynchonellines permettent de dater la partie moyenne du Lias du Rhedir comme appartenant à l'Hettangien-Sinémurien (s. s.). En effet les mêmes formes (*Rh. Suessi, Rh. Neumayri, Rh. Brusinai*) ont été citées par M. Fallot et l'un de nous ([2]) dans des faciès très analogues du Rif espagnol. Elles y sont intercalées entre le Rhétien à *Avicula contorta* et des couches attribuées avec doute au Sinémurien. Si leur âge hettangien y est donc probable, au contraire en Sicile ([3]) les mêmes formes sont plutôt rapportées au Sinémurien. Le fait essentiel est que l'Hettangien et le Sinémurien n'avaient été datés nulle part jusqu'à maintenant dans la Chaîne numidique. Par ailleurs, dans tout l'Atlas littoral d'Algérie, le Lias inférieur n'avait pu être caractérisé qu'en un seul point, dans le Djurdjura ([4]).

Au point de vue de la géologie régionale, l'existence au Rhedir d'une puissante formation du Lias inférieur ne laisse pas de surprendre.

En effet, quelques kilomètres plus à l'Ouest, au Dj. bou Aded, nos recherches nous montrent que la mer du Lias moyen à *Terebratula aspasia* a recouvert directement le Métamorphique. L'emplacement de l'extrémité orientale de la future Chaîne numidique devait donc comporter des conditions paléogéographiques locales très variées, à l'aurore des temps liasiques.

Au point de vue de la paléogéographie générale les Rhynchonellines apparues dès le Trias supérieur vivaient au Lias inférieur ([3]), dans le domaine alpino-dinarique, jusqu'à la Sicile. Les gisements du Rif en sont éloignés de près de 2000 km. Le gisement de Dj. Rhedir fournit un premier jalon entre ces deux domaines.

Les Rhynchonellines n'ont pas été signalées dans les dépôts du sillon mésogéen ou à son bord nord (Sardaigne, Baléares, Andalousie). Elles ont par contre pu se propager, soit aux abords des massifs Kabilo-rifains, soit dans la zone qui deviendra au cours du Secondaire, le sillon tellien, au Sud de ces massifs.

GÉOLOGIE. — *Un nouvel affleurement des couches de Sötern; sa signification stratigraphique et tectonique*. Note de M. **Karl Mathias Britz**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Jusqu'en 1923, les séries de Sötern de la dépression permienne de la Sarre furent considérés comme couches de passage entre l'Autunien et le Saxonien. Dans ces couches apparaissent pour la première fois des galets de rhyolithes. D'après Kühne (1923), ce dépôt représenterait un faciès de l'assise de Wadern (Saxonien inférieur). La preuve en serait sa disparition progressive au fur et

([2]) P. Fallot et G. Dubar, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 154.
([3]) G. Dubar, *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, n° 41, 1938, *Mém. paléont.* n° 9.
([4]) A. Lambert, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 414.

à mesure qu'on s'éloigne des massifs de rhyolithes. Ainsi à Gimbweiler, contre le massif de Nohfelden, ces couches mesurent 100 m; 7 km au Sud-Est, sur les bords Nord du bassin de Freisen, elles se réduisent à moins de 10 m; 2 km plus loin encore il n'y aurait plus que quelques galets isolés de rhyolithes d'après Grebe; plus loin enfin le dépôt manque complètement. Falke proposa en 1950 de supprimer le terme d'assise de Sötern et de désigner ces dépôts comme étant un faciès à conglomérats de rhyolithes intercalé, soit dans l'assise de Tholey, soit dans l'assise de Wadern.

Les couches de Sötern sont connues dans les synclinaux de la Prims, de la Nahe et du Donnersberg, au Nord-Ouest et au Sud-Est de l'anticlinal de Sarrebrück. Elles débutent par un conglomérat à galets de rhyolithes et passent vers le haut à des sédiments plus fins que rien ne permet de distinguer des assises supérieures de Tholey sous-jacentes. D'ailleurs des galets isolés de rhyolithes apparaissent déjà au sommet de l'assise de Tholey.

Un nouvel affleurement des couches de Sötern a été reconnu dans la tranchée de l'autostrade du Col de Freisen-Füsselberg à 2 km au Sud-Sud-Est du bord Nord du bassin de Freisen. Les assises supérieures de Tholey sont surmontées par 1 à 1,5 m de conglomérats grossiers, les galets de rhyolithes atteignent le volume d'une tête; le diamètre des galets de quartzites, quartz, lydiennes et de quelques rares roches volcaniques basiques ne dépasse guère 10 cm.

Vers le haut, les galets disparaissent et le dépôt reprend l'aspect des couches de Tholey du soubassement. A 15 m au moins au-dessus du conglomérat à galets de rhyolithe débute la porphyrite de la coulée limite. D'après Falke, c'est avec cette coulée que débute le Saxonien.

Au Nord de Freisen, le conglomérat à galets de rhyolithes se trouve un peu plus haut dans la série stratigraphique : il débute à 10 m au-dessous de la coulée-limite. La base des couches de Sötern n'est donc pas liée à un horizon constant. Il faut en conclure que l'aire de sédimentation s'est déplacée du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Ce déplacement doit être mis en relation avec la mise en place de l'anticlinal de Sarrebrück, au Sud-Est de ces affleurements.

On connaît la présence de conglomérats à galets de porphyre à la base des couches de Sötern dans la région du Donnersberg et autour des massifs de Nohfelden et de Kreuznach. Le massif du Litermont se trouvait bloqué dans l'aire de dépôt des galets dévoniens du Hunsrück. Celui du Königsberg, entouré de dépôts stéphaniens, ne devait pas être dégagé vers la fin de l'Autunien.

La présence de galets isolés de rhyolithes dans les couches supérieures de l'assise de Tholey montre que certains massifs de rhyolithe étaient dégagés dès cette époque. La présence d'un conglomérat grossier à la base des séries de Sötern montre que des mouvements tectoniques ont dû

accélérer la destruction des massifs de porphyre. Ces fractures sont limitées au voisinage des affleurements des conglomérats à galets de porphyre. Elles sont dues à l'effondrement des extrusions rhyolithiques sous l'influence du plissement de l'anticlinal de Sarrebrück. Ces fractures sont antérieures aux failles qui s'ouvrent dès la base de l'assise de Wadern dans le cœur de l'anticlinal de Sarrebrück.

Le terme de faciès conglomératique à galets de rhyolithe proposé par Falke induit en erreur, car il ne tient pas compte des mouvements tectoniques antérieurs à l'assise de Wadern. C'est pourquoi il convient de maintenir plutôt le terme de *faciès de Sötern*; on peut le rencontrer, soit au sommet de l'Autunien, soit à la base du Saxonien.

GÉOLOGIE. — *Structures obliques dans l'Atlas tellien, au Sud de Miliana.* Note de M. **Maurice Mattauer**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le style tectonique particulier des environs de Teniet-el-Haad, décrit dans une Note précédente [1], ne se trouve pas localisé aux environs mêmes de Teniet, mais s'étend à toute la région tellienne, comprise entre la plaine du Chéliff et les Hauts-Plateaux, vaste région qui ne correspond pas du tout aux indications de la carte géologique au 1/500 000ᵉ, au point de vue stratigraphique et tectonique.

Les plis et les failles de toute cette région constituent, en effet, une structure qui peut être rapprochée de celle décrite par l'École de Besançon (Dreyfuss, Caire, Castany, Glangeaud, Gottis) dans plusieurs régions périalpines où des plissements sont associés à des failles produites par des mouvements verticaux indépendants des plis. Les plis à grand rayon de courbure, affectant l'épaisse série du Crétacé tellien, prennent des directions anormales (surtout NE-SW) par rapport à la direction générale E-W des plis du Tell. Les failles, qui jouent un rôle important dans cette région, forment, entre autre, le *fossé tectonique de Teniet-el-Haad*, d'orientation NE-SW, traversant tout le Tell, et donnent toujours une limite tectonique naturelle à la partie méridionale de l'Atlas tellien.

1. *Les plis.* — A l'Ouest du fossé tectonique, décrit plus loin, se trouve le vaste *monoclinal de l'Amrouna* [1], orienté NE-SW, qui commence dans la région de Teniet-el-Haad. Il se prolonge au Nord, sur une vingtaine de kilomètres, jusque sur la feuille de Pt. du Caïd. Une importante faille le limite au Nord et le sépare d'un synclinorium formé de Crétacé supérieur Ce dernier est lui-même bordé vers le Nord, dans la direction de la plaine du Chéliff, par un nouvel anticlinal crétacé inférieur. Ces deux plis conjugués

---

(1) M. Mattauer, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1381.

(2) M. Mattauer, *loc. cit.*

ont une orientation d'abord nettement E-W, mais qui devient difficile à définir plus à l'Est, en bordure du « fossé tectonique ».

Le « monoclinal de l'Amrouna », après avoir été coupé par le fossé de Teniet, se prolonge à l'Est de cette ville, par un vaste brachyanticlinal Nord-Sud. Le flanc Nord-Est de celui-ci s'incurve dans le massif aptien de la forêt de Bou Madjebar, pour prendre la direction E-W.

Au Nord de Trolard-Taza, c'est-à-dire à l'Est du fossé, entre ce village et la plaine du Chéliff, les massifs de l'Ech Chaour, du Djebel Tachta, du Djebel Berrouaghia et du Djebel Louhe correspondent à des accidents complexes, où domine le style monoclinal, d'orientation générale NE-SW.

2. *Les failles.* — *a.* Le *fossé tectonique de Teniet-el-Haad* est large de 2 à 3 km seulement, au voisinage de cette ville. Il se poursuit vers le Nord-Est et, à 7 ou 8 km au Nord-Est de Teniet, il s'élargit brusquement, grâce à l'adjonction d'une importante faille E-W. Après avoir atteint une largeur de 10 km, il se poursuit vers le Nord-Est, en traversant toute la feuille au 1/50 000e de Teniet-el-Haad. Ses failles limites font, en général, buter la bordure, d'âge crétacé inférieur, jusqu'à l'Aptien, contre les terrains effondrés du fossé, constitués presque exclusivement de Crétacé supérieur et de Tertiaire (Oligocène, faciès numidien et grès de Boghari; Miocène, faciès marin et continental).

La prolongation vers le Nord de ses deux failles bordières n'a pu être suivie avec précision sur la feuille au 1/50 000e de Pt. du Caïd. Nous pouvons, toutefois, préciser que ce fossé tectonique se raccorde au bassin mio-oligocène de la vallée de l'oued Deurdeur, par un important massif mio-oligocène. Ce dernier, qui occupe tout le coin Sud-Est de la feuille de Pt. du Caïd, n'avait pas encore été signalé.

Dans le fossé lui-même, la tectonique n'est pas simple; de très nombreuses failles d'orientations diverses y découpent généralement des petits voussoirs monoclinaux, dont certains n'ont que quelques centaines de mètres de largeur.

b. En plus des failles du fossé, il existe un *réseau de failles*, limitant, au Sud, les plis telliens. Ces failles bordières ont des orientations variées sur la feuille de Teniet-el-Haad; elles sont : E-W à l'Ouest de Teniet, NW-SE au Sud-Est de Teniet, NE-SW un peu plus à l'Est et NWW-SEE aux environs de Trolard-Taza. Ces failles, coupant les plis obliquement, font presque partout buter le Miocène contre le Crétacé supérieur et le Tertiaire de la bordure des Hauts-Plateaux.

D'autres failles importantes, également obliques par rapport aux plis, apparaissent par place dans les massifs telliens. Ainsi, une faille NNW-SSE limite le monoclinal de l'Amrouna sur la feuille de Pt. du Caïd. Une faille NW-SE borde le Djebel Tachta dans sa partie méridionale.

De rapides explorations dans la partie méridionale du massif de l'Ouar-

senis permettent déjà d'affirmer que l'on y retrouve le type de structure décrit ici. Elles permettent, dès à présent, de considérer le massif de l'Ouarsenis comme étant une unité géologique différente de la partie de l'Atlas tellien située à l'Est de Teniet.

Une prochaine Note précisera quelle a été l'évolution de toute cette région et les conséquences géologiques qui en découlent.

GÉOLOGIE. — *Structure de la zone sub-bibanique dans la région de Mansourah-les-Biban (département de Constantine).* Note de M. **André Caire**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La zone sub-bibanique, étudiée par J. Savornin (1) présente des particularités structurales jusqu'ici insoupçonnées. Des unités de glissement y ont pris naissance et se sont écoulées vers le Sud dans une dépression tectonique. Les plissements du Miocène autochtone ont entraîné le démantèlement de ces unités.

La zone sub-bibanique est limitée, au Nord par l'anticlinorium des Biban, au Sud par la chaîne du Djebel Mansourah.

1. Les plis dans la dépression de l'oued Azerou. — Au Sud de la chaîne des Biban, décrochée par une faille dans la région des Portes de fer, se développent les plis enracinés de la zone sub-bibanique.

1° *Synclinal de l'oued Tazdart.* — Le flanc Sud-Est du pli, formé de Crétacé (Albien ?) dolomitique, est tronçonné par des failles transversales. Une faille, subverticale au Nord de l'Azerou el Kebir, le met en contact avec le flanc inverse de l'anticlinal de Mzita.

2° *Anticlinal de Mzita.* — Cet anticlinal sénono-suessonien (2), situé à l'Est de la chaîne des Azerou, est couché sur son flanc Sud-Ouest et retourné sur son flanc Nord-Ouest. Les couches suessoniennes renversées sont affectées d'un repli anticlinal au contact de la faille des Azerou.

2. Les unités de recouvrement. — 1° *Unité de recouvrement* A. — Sur le flanc Sud-Ouest de l'anticlinal de Mzita, le Suessonien s'est décollé au niveau du Sénonien marneux. Un écoulement par gravité, postérieur au décollement et sans doute contemporain du renversement du pli, a amené le Sénonien à faciès « Biban » et le Suessonien sur un autochtone formé de Cartennien et de Crétacé à faciès « Sud ». Ces faciès du Crétacé ont été bien étudiés par J. Savornin. On observe, à l'Est de la région de Mzita, des recouvrements analogues.

---

(1) Étude géologique de la région du Hodna et du Plateau sétifien *Thèse Sciences*, Lyon, 1920, et *B. C. G. A.*, 2e série, n° 7.

(2) Le Sénonien comprend un niveau conglomératique affleurant dans le lit de l'oued Azerou.

L'unité de recouvrement inférieure ou unité A, comprend tous les lambeaux de Sénonien et Suessonien, en recouvrement anormal sur l'Autochtone.

2° *Unité de recouvrement* B. — Le flanc Ouest de l'anticlinal de Mzita est décollé au niveau d'un filon de Trias, qui se présente en position presque « interstratifiée » dans le Sénonien. Une structure analogue s'observe au Sud du Djebel Mzita, où les calcaires à *Inocérames* reposent sur une lame de Trias discontinue. La klippe de l'Iguer Entarhioult donne la preuve d'un glissement de la masse chevauchante, dû en grande partie, et peut-être exclusivement à l'effet de la gravité et dont l'ampleur est d'ailleurs variable suivant les points.

L'unité moyenne de recouvrement ou unité B comprend l'ensemble des lames de Sénonien qui, décollées au niveau du Trias filonien, ont glissé et se sont disloquées sous l'effet plus ou moins exclusif de la gravité. Cette unité recouvre l'unité A ou le Miocène autochtone. Les unités A et B se sont écoulées vers le Sud dans une zone assimilable à un fossé tectonique.

3° *Reliefs medjaniens et unité de recouvrement* C. — Dans la zone subbibanique, le Medjanien repose sur le Crétacé supérieur par l'intermédiaire d'une lame de Trias d'épaisseur variable. Le Trias était sans doute intercalé dans le Sénonien avant le Medjanien et a été repris à la base des dépôts de cet âge. Les Dj. medjaniens représentent l'unité C, qui peut être nommée unité de recouvrement supérieure, le Medjanien ayant subi localement un déplacement par rapport à son substratum.

3. Zone des bombements postérieurs aux recouvrements et autochtone. — Au Sud de ces unités de recouvrement se développe une zone bien individualisée. Elle comprend une série de bombements qui se relaient en échelons et sont constamment déversés, couchés ou faillés sur leur flanc Sud. Ces déformations affectent l'autochtone et les unités A et B qui le recouvrent. Ainsi, dans le bombement complexe Kef Kherat-Chouf el Guiassa, on observe un soulèvement du Miocène, postérieur à l'écoulement de l'unité A qui a pu glisser sur les deux flancs du bombement. Celui-ci est relayé, entre Mansourah et Er Baha, par une ride anticlinale déversée et faillée sur son flanc Sud. Vers Teniet el Merdja, une klippe, fragment de l'unité B, repose à l'Est sur le Cartennien autochtone, à l'Ouest sur l'unité A. Il semble que le soulèvement du Miocène ait commencé ici avant la fin du glissement de l'unité B.

Au Sud des bombements s'étend une zone synclinale plus ou moins large, souvent faillée, parfois masquée par le renversement du flanc Sud des bombements et contenant en divers points (Selatna, Sud d'El Achir, etc.) des lambeaux de l'unité A. Plus au Sud, sur le parallèle du Dj. Mansourah, le Miocène est ployé en un vaste bombement localement flexuré et faillé. La faille d'El Hamra fait affleurer le Crétacé du Dreat.

LIMNOLOGIE. — *Dépôt d'une diatomite récente dans la province de Fayoum (Égypte).* Note de MM. **Anwar Abdel Aleem** et **Émile Manguin**, présentée par M. Roger Heim.

La diatomite décrite dans cette Note fournit une nouvelle preuve de la présence, dans la dépression de Fayoum, d'un ancien lac d'eau douce en régression dont le lac actuel Qaroun n'est qu'un vestige. Le dépôt a dû s'effectuer dans des conditions écologiques constantes, au fond d'un lac oligotrophe assez peu profond, vers le début du Néolithique, sous un climat subtropical.

La dépression de Fayoum qui s'étend sur le plateau calcaire du désert de Libye fut remplie jadis par les eaux du Nil. On pense que sa formation, durant le Pléistocène, est due, comme pour les autres grandes dépressions (Qattara, oasis), à l'érosion éolienne. En 1939, Ball [1] a retracé en détails l'histoire de la dépression de Fayoum et de son ancien lac. On suppose que l'eau du Nil arriva pour la première fois dans la dépression à l'Acheuléen, il y a environ 70 000 ans. Il se forma ainsi un grand lac qui couvrait une surface supérieure à 2 800 km^2 et dont le niveau dépassait le niveau actuel de la Méditerranée d'une quarantaine de mètres (soit 85 m au-dessus du lac Qaroun).

L'existence de ce lac semble confirmée par les travaux géologiques et archéologiques effectués dans la région de Fayoum. Cependant, les auteurs ne sont pas d'accord sur les limites et les niveaux du lac aux différentes époques. Rappelons que le lac Mœris, visité par Hérédote en 450 avant Jésus-Christ, était le reste d'un ancien lac néolithique de plus grandes dimensions. Les données fournies par Hérédote au sujet du lac Mœris, reposant en partie sur des légendes rapportées par les prêtres et les indigènes plutôt que sur des manuscrits et des papyrus, semblent exagérées.

Les dépôts lacustres que nous décrivons forment, près de Um El Atl, à 12 km environ au Nord-Est du lac Qaroun, à 43 m au-dessus du niveau de ce lac, une vaste étendue plane, grisâtre, couverte d'une couche de sable apportée du désert par le vent. A certains endroits, la surface sableuse a été chassée et les dépôts grisâtres apparaissent sur 30-40 m de large et plusieurs kilomètres de longueur. Cette étendue de dépôts lacustres est entourée, vers le Nord, par d'anciennes rives du lac en régression, rives qui se trouvent à différents niveaux au-dessus de la mer. Des outils du Néolithique supérieur (couteaux, flèches) ont été trouvés près des dépôts lacustres, au niveau et au-dessus du niveau de la mer. Ces objets témoignent vraisemblablement de la présence d'une peuplade néolithique installée au bord du lac. Caton-

(1) *Contributions to the geography of Egypt*, Government Press, Cairo, 1939.

Thompson et Gardner ([2]) firent des trouvailles semblables; ils concluent que le niveau du lac, depuis la fin du Néolithique, n'a jamais dépassé le niveau actuel de la Méditerranée.

Les dépôts étudiés ici ont environ 3,5 m de profondeur; leur densité atteint 0,7; ils sont exploités industriellement. L'examen des Diatomées qu'ils contiennent révèle une remarquable homogénéité de la flore aux différents niveaux. Il semble donc que les conditions écologiques soient restées assez constantes à l'époque des dépôts, durant la « vie » de ce lac d'eau douce ([3]).

Parmi les 57 éléments systématiques trouvés (espèces et variétés), *Melosira granulata* est le plus abondant à tous les niveaux. Ceci indique, par comparaison avec les données limnologiques actuelles, que le lac appartenait au type oligotrophe. Signalons encore, parmi les espèces les plus abondantes : *Cyclotella Kützingiana*, *Stephanodiscus astraea*, *Cocconeis placentula*, *Anomoeoneis sphæroidea*, *Navicula radiosa*, *N. gastrum*, *Epithemia* sp., *Rhopalodia musculus*, *R. ropala*, *Cymatopleura elliptica*, *Gomphonema olivaceum*, *Cymbella turgida*, *C. ventricosa*.

La densité du peuplement diatomique aux différents niveaux est plus forte que dans les lacs oligotrophes actuels. D'après le comportement écologique de toutes les espèces observées, on peut conclure que le milieu où se sont déposés ces sédiments organiques était très riche en carbonate de calcium. Les espèces sont toutes des témoins alcalinophiles et, par suite, des oligohalobes ou indifférentes au NaCl.

La grande abondance des formes littorales et benthiques (84 %) fait penser que ce lac devait être peu profond ([4]); la présence de quelques grains de pollen et de tiges calcifiées de Cypéracées suggère l'existence d'une flore hydrophytique favorable au développement de Diatomées fixées. Il faut cependant faire quelques réserves à cette hypothèse, car plusieurs Diatomées planctoniques faiblement silicifiées sont mal conservées dans les dépôts alcalins.

Signalons encore, dans cet ancien peuplement diatomique, un taux élevé de formes actuelles cosmopolites (85 %) et seulement sept formes contempo-

---

([2]) *Geographical Journal*, London, 1939.

([3]) D'après le « Halobien-System » de Kolbe (*in Pflanzenforsch.*, 7, 1927, Zur Œkologie, Morphologie und Systematik der Bräckwasser-Diatomeen), les Diatomées peuvent être considérées comme de bons indicateurs du degré de salinité du milieu dans lequel elles vivent.

([4]) Ceci peut être confirmé par le fait que, au moment où le dépôt s'est formé, il y a 8 000 à 10 000 ans, la surface du lac est restée pendant longtemps à 18 m environ au-dessus du niveau actuel de la Méditerranée, et passa successivement à 10 m, puis — 2 m.

raines localisées dans les régions tropicales ou chaudes. Une seule espèce, *Cyclotella Iris*, abondante aux divers niveaux examinés, doit être considérée comme cosmopolite fossile.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la nature de la couche* E *sporadique et la turbulence de la haute atmosphère*. Note de M. **Roger Gallet**, présentée par M. Jean Cabannes.

A. Il n'existe pas de théorie satisfaisante de la production de la couche E_s. Jusqu'à présent on a cherché des causes de l'ionisation, parfois intense, surajoutée à la couche E, et pour rendre compte de son hétérogénéité on se heurte à de grosses difficultés. Les hypothèses les plus modernes associent l'ionisation supplémentaire aux météores d'une part, et aux phénomènes magnétiques et auroraux d'autre part ([1]), mais les études récentes n'ont pas confirmé cette corrélation.

Par ailleurs il faut rendre compte également de nombreux faits d'observation, bien connus par les sondages ionosphériques. Pour expliquer la réflexion partielle, et la variation des coefficients de réflexion et de transmission en fonction de la fréquence il faut une théorie d'ondes, contrairement à celle des autres couches qui se contentent d'une optique géométrique de rayons. Les modèles de « couche mince » ne sont pas satisfaisants, car la couche devrait avoir une épaisseur de quelques dizaines de mètres en général et une stratification horizontale stable, dont il est très difficile de rendre compte.

La théorie des « nuages diffusants » est plus acceptable; des nuages de haute densité électronique, présents dans la couche E, produisent des réflexions diffuses au-dessus de la fréquence critique normale; les réflexions simultanées sur les couches E et F s'expliquent par les « trous » entre les nuages; au-dessus d'une certaine fréquence l'onde pénètre à travers les nuages et il n'y a plus de réflexion E_s. Cependant il n'existe pas de théorie détaillée de l'optique radioélectrique de ces phénomènes; et il faut expliquer d'une façon naturelle la présence de ces nuages et leurs propriétés statistiques.

B. Nous croyons qu'il n'est pas nécessaire de chercher une cause d'ionisation pour E_s. En d'autres termes nous ne pensons pas qu'il existe des électrons supplémentaires qui forment la couche E_s, en plus des électrons normalement présents dans la région E. Les seuls effets optiques, liés à la *turbulence*, sont suffisants pour expliquer la plus grande partie des propriétés de E_s. Les électrons supplémentaires produits par les météores ou les aurores polaires ne jouent qu'un rôle secondaire, parfois important dans des conditions spéciales, mais n'ont pas à expliquer les propriétés normales de E_s.

([1]) *Voir* un exposé d'ensemble de ces théories : A. C. B. Lovell, *Report Prog. Phys.*, 11, 1946, p. 415 (*Physical Society-London*).

La turbulence de la haute atmosphère, lorsqu'elle est présente, ne produit pas d'effet sur la propagation des ondes radioélectriques en dehors des régions ionisées. Mais elle transforme les régions ionisées en milieu *optiquement trouble*, en produisant des *fluctuations de densité électronique* variables dans le temps et l'espace, Ces fluctuations accompagnent les fluctuation de densité de l'air, mais ne peuvent se produire que là où sont normalement les électrons. Le milieu devient diffusant; dans un sondage vertical la diffusion en arrière est équivalente à une réflexion E_s. L'onde transmise vers le haut est formée de l'onde incidente affaiblie par l'absorption correspondant à la diffusion et de l'onde diffusée vers l'avant par diffusion primaire, secondaire, tertiaire, etc. Suivant la fréquence, l'intensité et l'échelle de la turbulence, sa localisation éventuelle à l'intérieur de la couche, la proportion entre l'énergie réfléchie et l'énergie transmise varie d'une manière considérable.

C. Soit $\overline{(\Delta\rho/\rho)^2}$ l'*intensité* de la turbulence, mesurée par les faibles fluctuations de densité de l'air. Cet air contient N électrons par centimètre cube, en très faible proportion par rapport aux molécules neutres. On a $d\rho/\rho = d\text{N}/\text{N}$. Soit la constante diélectrique $\varepsilon = 1 - (4\pi\text{N}e^2/m\omega^2)$ pour une onde de pulsation ω. On a immédiatement $d\text{N}/\text{N} = d\varepsilon/(1-\varepsilon)$ ou encore $d\varepsilon/\varepsilon = (1-\varepsilon)/\varepsilon\,(d\rho/\rho)$. En posant $\eta = (\omega_0/\omega) < 1$, et $\omega_0^2 = 4\pi\text{N}e^2/m$ (définition de la fréquence critique locale), on obtient

$$(1) \qquad \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{d\rho}{\rho}\,\frac{\eta^2}{1-\eta^2}, \qquad \text{d'où} \qquad \overline{\left(\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)^2}\left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2}\right)^2.$$

L'*intensité optique* de la turbulence, mesurée par les fluctuations de la constante diélectrique est fortement amplifiée lorsque η tend vers 1. C'est ce *facteur d'amplification optique* qui rend le milieu optiquement trouble même pour une faible turbulence. Nous avons trouvé que $\overline{(\Delta\rho/\rho)^2}$ *de l'ordre de* 10^{-4}, rend bien compte des propriétés courantes de E_s.

D. Nous avons développé la théorie quantitative de la « diffusion optique par turbulence dans une région ionisée » et nous l'exposerons dans des Notes suivantes. Nous pensons que c'est la vraie nature de la couche E_s. La théorie précise doit se compléter en tenant compte de l'influence du champ magnétique, qui impose une *anisotropie* des fluctuations de densité électronique, d'où des différences entre l'équateur et les régions polaires. Enfin, discutant la turbulence dans la haute atmosphère et rattachant ses paramètres aux théories statistiques récentes de la turbulence, nous atteignons des propriétés aérodynamiques nouvelles de la haute atmosphère.

Dans un milieu ionisé la turbulence devient une *nouvelle source d'opacité* pour les rayonnements radioélectriques solaires et galactiques. Ce nouveau point de vue est important particulièrement pour l'« anneau brillant » de la couronne solaire.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la gravité à Madagascar.*
Note (*) de M. Louis Cattala, présentée par M. Pierre Lejay.

Depuis 1948, des mesures relatives de l'intensité de la pesanteur ont été faites à Madagascar avec le gravimètre North American C° n° 73, appartenant à l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer; 400 à 500 stations, dans diverses régions de l'île, ont été rattachées au pilier méridien de l'observatoire de Tananarive. Mais il était impossible jusqu'ici de calculer les anomalies de la pesanteur, faute d'un rattachement de Madagascar à des stations extérieures où la valeur de g soit connue. Ce rattachement ayant été effectué par Mme Duclaux et M. Martin, et le résultat nous ayant été récemment communiqué, nous pouvons donner l'anomalie à l'air libre et l'anomalie de Bouguer pour quelques stations déjà calculées à titre provisoire. Le résultat du rattachement de Madagascar ne pourrait être modifié que de quelques centièmes de milligal par les calculs définitifs; les mesures du réseau malgache subiront encore des retouches lorsque, les circuits se développant, la compensation de ces circuits amènera, dans les valeurs de g observées, des modifications de quelques dixièmes de milligal. Le développement de la cartographie de Madagascar permettra de mieux fixer les positions de certaines stations, mais les rectifications n'atteindront que dans quelques cas la minute sexagésimale. Le point le plus sujet à révision est la détermination des altitudes. Le programme de nivellement du Service Géographique de Madagascar, actuellement en cours, apportera des modifications, parfois assez sensibles, aux altitudes que nous avons admises provisoirement, à partir des observations au baromètre Fortin, qui ont été faites en même temps que les observations de gravité. L'ordre de grandeur des anomalies est cependant suffisamment acquis pour présenter dès maintenant de l'intérêt, puisque les anomalies de Madagascar étaient jusqu'ici inconnues.

Stations.	Longitude Est Greenwich.	Latitude Sud.	Altitude.	g. observé.	Anomalies. Air libre.	Bouguer.
	° ′ ″	° ′ ″	m	mgals	mgals	mgals
Diégo-Suarez..........	49 17 36	12 16 23	31,46	978,32461	+ 52,58	+ 49,07
Ambilobe.............	49 03 13	13 11 32	38	33737	+ 31,84	+ 27,59
Ankaramy............	48 10 37	13 58 49	134	34612	+ 37,87	+ 22,89
Antsohihy............	47 59 09	14 52 42	10	34366	— 41,84	— 42,96
Port-Bergé............	47 39 59	15 33 37	22	39065	— 22,22	— 24,68
Majunga..............	46 18 18	15 43 37	3,63	42781	+ 1,49	+ 1,08
Marovoay.............	46 38 08	16 06 44	3,0	41357	— 31,23	— 31,57
Maevatanana..........	46 49 39	16 56 55	45,15	46081	— 12,01	— 17,06

(*) Séance du 3 décembre 1951.

Stations.	Longitude Est Greenwich.	Latitude Sud.	Altitude.	g. observé.	Anomalies. Air libre.	Bougner.
	° ′ ″	° ′ ″	m	mgals	mgals	mgals.
Andriba	46 55 44	17 36 21	613,62	34859	+ 17,72	— 50,88
Tamatave-ville	49 24 46	18 09 32	5,16	59305	+ 45,28	+ 44,70
Andoharano	47 10 56	18 15 08	1572,0	17306	+103,88	— 71,87
Anjozorobe	47 52 52	18 23 49	1293	22361	+ 60,57	— 83,99
Brickaville	49 04 06	18 49 08	8,05	62100	+ 38,42	+ 37,52
Tananarive pilier mérid.	47 33 06	18 55 02	1381,25	22649	+ 62,30	— 92,12
Moramanga	48 13 49	18 56 37	911,27	35874	+ 48,08	— 53,80
Arivonimamo-météo	47 09 48	19 00 58	1449,06	22055	+ 71,83	— 90,17
Ambatolampy	47 26 37	19 22 56	1559,41	21019	+ 75,04	— 99,30
Sambaina	47 09 41	19 38 18	1688,22	16402	+ 54,10	—134,64
Antsirabe	47 02 08	19 51 48	1506,02	21292	+ 33,92	—134,45
Ambositra	47 14 37	20 32 26	1325,00	31806	+ 43,72	—104,42
Fianarantsoa	47 05 14	21 26 47	1100,40	44486	+ 46,69	— 76,33
Tolongoina	47 30 53	21 33 28	389,52	59791	— 26,49	— 70,04
Ambalavao	46 56 24	21 49 46	1009,10	49799	+ 48,02	— 64,80
Manakara	48 00 41	22 08 09	3,87	85977	+ 80,40	+ 79,97
Ihosy	46 07 49	22 23 55	730,22	59848	+ 26,68	— 54,96
Ivohibe	46 53 19	22 28 44	670	61806	+ 22,62	— 52,29
Ranohimura	45 24 52	22 33 18	834,33	61051	+ 60,93	— 32,35
Sakaraha	44 32 26	22 54 37	476,72	69454	+ 11,80	— 41,50
Betroka	46 05 47	23 16 29	795	63957	+ 31,19	— 57,69
Tuléar-aviation	43 43 20	23 23 39	4,05	88813	+ 28,00	+ 27,55
Benenitra	45 04 53	23 26 53	220	79090	— 6,12	— 30,72
Ambovomaty	44 40 46	23 27 33	575,68	70742	+ 19,47	— 44,89
Tongobory	44 20 03,3	23 31 30	76,68	84674	+ 0,43	— 8,14
Soalara	43 43 21	23 35 30	4,48	90791	+ 34,90	+ 34,40
Betioky	44 22 34	23 43 24	262	78786	— 14,35	— 43,64
La Sakoa	44 45 38	23 47 33	331,10	82705	+ 41,58	+ 4,56
Vohitsara	44 15 15	23 54 01	251,88	80930	— 7,80	— 35,96
Bekily	45 18 49	24 13 03	386	82642	+ 29,47	— 13,68
Edjeda	44 31 17	24 20 34	236	91636	+ 64,65	+ 38,27
Ampanihy	44 44 53	24 41 36	230	978,92700	+ 49,62	+ 23,91
Androka	44 04 19	25 01 27	5	979,03243	+ 62,87	+ 62,31
Fort-Dauphin-météo	46 59 12	25 01 43	43,48	978,95337	— 4,61	— 9,47
Ambovombe	46 05 16	25 10 55	136,68	979,02694	+ 87,12	+ 71,84
Tsihombe	45 29 25	25 18 41	64	978,98019	+ 8,95	+ 1,79
Faux-Cap	45 31 47	25 33 24	12,0	979,01908	+ 14,65	+ 13,31
Cap Sainte-Marie	45 08 21	25 35 07	190,86	978,99800	+ 46,77	+ 25,43

Nota. — Les altitudes sont celles du gravimètre; celles pour lesquelles on donne des décimales sont obtenues par le nivellement du Service Géographique, par la triangulation de premier ordre ou rattachée au premier ordre.

Les anomalies de Bouguer ont toutes été calculées avec la densité 2,67.

GÉOPHYSIQUE. — *Ressemblance des côtes atlantiques africaine et sud-américaine et développement du plissement d'un continent isolé, comme corollaires de la théorie de continents en moyenne immobiles.* Note de M. **Matthias Matschinski**, transmise par M. Théodore Monod.

L'auteur indique deux méthodes d'application de sa théorie générale de l'écorce. Soulignant que la ressemblance des côtes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud n'est qu'une ressemblance imparfaite, il montre que ce phénomène peut être déduit de la théorie, supposant les continents immobiles. Il donne un simple calcul du déplacement du plissement du bloc continental central jusqu'aux bords du continent.

1. Depuis longtemps j'ai déjà donné et pendant deux dernières années développé [1] en détail une théorie de l'écorce terrestre et de la formation des continents et des montagnes partant, contrairement à l'opinion très répandue à une certaine époque, d'une idée de l'écorce terrestre primitivement tendue mais non contractée. Cette idée d'une tension primitive n'est pas une conception arbitraire, mais le corollaire d'un très simple calcul concernant l'état thermique pendant la période qui a immédiatement suivi la solidification.

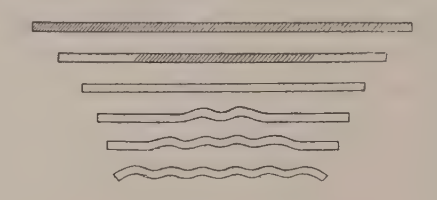
Du fait que l'écorce a été primitivement tendue, ne découle pas qu'elle est maintenant partout tendue, des régions de tension existent simultanément avec des régions de compression. Cette tension primaire, ayant provoqué des ruptures capitales dans l'écorce (la divisant en continents) a été, par l'apparition de ces ruptures, en partie déchargée, car aucune rupture ne permet la tension le long de sa perpendiculaire. Ce procédé de déchargement peut être imaginé à l'aide de deux méthodes, équivalentes en principe mais de forme très différente. On peut imaginer qu'un bloc de l'écorce terrestre isolé par les ruptures se comprime d'abord jusqu'à la partie d'une sphère de rayon plus petit que celui de la sphère terrestre, et après (car l'équilibre est impossible dans cette situation) s'affaisse en partie, en se pliant. Dans une telle considération, seuls le premier et le troisième stades sont réels. Le deuxième n'est introduit que pour simplifier, comme on introduit la représentation d'un mouvement quelconque en vecteurs, dont chacun correspond à un déplacement éventuel mais non réel (seule la somme est réelle). La deuxième méthode consiste dans l'application immédiate des équations de la mécanique à l'écorce terrestre.

2. L'application de la théorie générale à la question des lignes côtières atlantiques de l'Afrique et l'Amérique du Sud est un exemple de la première

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1882; 233, 1951, p. 492 et 669; *Cahiers Géol. de Thoiry*, n° 7, 1951; n°s 9 et 10, 1951; *Rev. géomorph. dyn.*, n° 4, 1951; n° 6, 1951.

méthode. Cette question est, comme on le sait, discutable [2]. D'une part, un coup d'œil sur la carte donne l'impression d'une ressemblance étonnante; d'autre part, l'étude plus détaillée découvre une telle multiplicité de discordances que l'hypothèse du contact primitif des côtes paraît fort invraisemblable. Les discordances géologiques et paléontologiques décrites déjà auparavant, viennent d'être de nouveau étudiées par A. Chavan. Les petites discordances géographiques sont traitées du point de vue de la théorie de la probabilité par Dorrenstein, qui a établi que les mesures sur les cartes mènent à une valeur probabilité de 1/50e, en admettant que l'hypothèse du contacts primitif a, *a priori*, la même probabilité que l'hypothèse réciproque. C'est pourquoi dans le seul cas où l'on admet *ad hoc* que l'hypothèse de contact est très probable les résultats seront acceptables.



De tout cela découle que ni la théorie de l'écorce terrestre ayant comme corollaire une coïncidence exacte, ni la théorie n'ayant pas cette coïncidence pour corollaire ne sont admissibles. Une seule théorie apparaîtra admissible d'où découle une coïncidence approximative des côtes avec beaucoup de petites discordances. Un tel résultat découle de la théorie susmentionnée. Dans leur moyenne deux continents ne s'écartent pas. Après l'apparition d'une rupture les divisant, ils sont seulement froncés, attirant leurs bords vers leurs centres (qui restent immobiles) et écartant ainsi les bords des fragments opposés. De tels bords déjà défigurés par le froncement se ressemblent mais pas trop (sans mentionner l'influence des roches sédimentaires, de la couverture irrégulière par l'eau, etc.). Donnant ainsi la ressemblance, des côtes, la théorie n'exige pas un mouvement wegenerien des continents en entier. Ce dernier concept provoque, comme on le sait, les objections [2] tant des astronomes, que des géophysiciens (par exemple, Vening Meinesz croit que l'idée du déplacement de continent n'est pas compatible avec la topographie terrestre, d'après Prey).

3. Comme exemple de la deuxième méthode, considérons le déplacement du plissement des centres des continents à leur bords au cours des temps géologiques. Des hypothèses spéciales ont été proposées pour l'expliquer.

---

(2) CHAVAN, *Rep.* XVIII *th. Sess. Int. Geol. Congr.*, part. XII, p. 19-26, London, 1950; DORRENSTEIN, *Verlage van de gewone vergadering der Afdeeling Naturkunde*, 53, n° 3, 1944, p. 33; VENING MEINESZ, *Proc. Kn. Nederl. Ak. v. Wet.*, 27, 1950.

Cependant on peut déduire phénomène sans recourir à de telles hypothèses. En fait, en représentant chaque élément (du centre à la périphérie du continent) comme un parallélipipède tendu, on a les équations, les conditions de limite et la solution

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=c^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2};\qquad u|_{t=0}=ax;\qquad u|_{x=0}=0;\qquad \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=l}=0;\qquad \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0}=0;$$

$$u=\sum_{k=1,3,5,\ldots}(-1)^{\frac{k-1}{2}}\frac{4la}{k^2\pi^2}\sin\frac{k\pi x}{2l}\cos\frac{k\pi ct}{2l},$$

où l'orogenèse est déterminée par la condition d'une dérivée négative (— compression). Les résultats sont représentés sur la figure. Une solution plus exacte (le continent en forme de lamelle ronde) découle de l'équation

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=c^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{\partial u}{r\,\partial r}\right),$$

dont la solution ne diffère pas essentiellement de celle représentée sur la figure. La seule différence est la dispersion du plissement. Les descriptions mathématiques plus exactes (introduction d'une lamelle épaisse, équations du quatrième ordre, et d'une forme primaire sphérique) ne donnent qualitativement rien de nouveau. Par exemple, l'introduction de la forme primitive sphérique change les figures en les courbant dans leur entier en ne changeant que très peu les positions relatives des parties de la superficie. En réalité la situation se fait encore plus compliquée parce que sur les bords couverts par les océans se déposent les sédiments dont la présence marque les stades du déplacement des plis par les indices des époques géologiques successives.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Nouvelles observations de pulsations très rapides lors d'un orage magnétique.* Note de M. **Gaston Gibault**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une Note précédente [1], nous avons signalé, lors de la perturbation exceptionnelle du 28 mars 1946, une phase très remarquable dont l'inscription sur les graphiques de la déclinaison et de la composante horizontale dénotait un « frémissement » magnétique, alors peu visible sur la composante verticale.

Pour la troisième fois (la première observation, non publiée, remontant à 1938), nous avons constaté une phase semblable, le 21 septembre 1951 entre 8 h 54 mn et 9 h 01 mn (T. U.), au cours de la forte perturbation qui précéda l'orage magnétique des 25-26 septembre. Sur les enregis-

[1] G. Gibault, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 907.

trements de la déclinaison et de la composante horizontale on remarque le même « frémissement » qu'en 1946, c'est-à-dire que, vraisemblablement, les impulsions sur les aimants (oscillant librement sans amortisseur) sont trop rapides pour pouvoir être séparées, mais cette fois, sur ceux de la composante verticale on peut nettement discerner des oscillations assez régulières ayant une période de l'ordre de 6 s.

L'interprétation de ce phénomène rarement observé nous paraît délicate. Si on le rapproche des effets, sur les magnétomètres, des décharges atmosphériques lors des orages météorologiques, on est frappé par leur similitude de forme, ce qui conduirait, dans les deux cas, à attribuer un rôle prépondérant à une influence électromagnétique dérivant probablement pour ces deux phénomènes de sources et d'actions électriques fort différentes.

Nous savons qu'il n'y a pas eu d'orage météorologique en France le 28 mars 1946, et que le 21 septembre 1951 l'enregistrement continu du champ électrique atmosphérique au voisinage du sol, à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt, n'indique aucun nuage orageux à 9 h, moment où la nébulosité était très faible (le ciel fut serein le reste de la journée, par vent du NE). La durée d'insolation mesurée au moyen de l'héliographe de Campbell confirme d'ailleurs ces observations. D'autre part, la station du Parc Saint-Maur n'a enregistré aucune secousse séismique aux instants envisagés. De plus, les traces que de telles secousses laissent parfois sur les magnétogrammes ne peuvent pas être confondues avec celles dont il est question ici, malgré une certaine similitude, par un observateur tant soit peu exercé. Il semble donc que le phénomène enregistré soit essentiellement lié à l'orage magnétique, ce que pourraient confirmer, à l'avenir, dans des cas semblables, des enregistrements à marche très rapide faits en des stations plus ou moins éloignées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les échanges gazeux respiratoires des feuilles de* Bryophyllum Daigremontianum *Berger, en présence d'atmosphères aux pressions d'oxygène échelonnées.* Note de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Raoul Combes.

Les échanges gazeux, à l'obscurité, des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum*, pendant la phase nocturne, en présence de pressions d'oxygène échelonnées, sont étudiés. La fixation d'O_2 est une fonction logarithmique de la pression externe de ce gaz, l'émission de CO_2 est toujours très faible et ne se manifeste d'une manière constante qu'en présence d'O_2 pur.

Les échanges gazeux de tissus ou d'organes chlorophylliens, en présence d'atmosphères à tensions d'oxygène variées, et à l'obscurité, ont déjà été

étudiés à plusieurs reprises. Mayer et coll. ([1]), Mitchell et coll. ([2]), ont établi que la consommation d'oxygène est d'autant plus faible que la tension de ce gaz est plus petite. Il en est de même de l'émission de gaz carbonique. Ces diminutions ne se manifestent pas de la même manière pour les deux gaz et pour des organes appartenant à des espèces différentes.

J'ai repris l'examen de ce problème, avec des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger., étudiées pendant la période nocturne, au cours de laquelle ces feuilles n'émettent pratiquement pas de CO_2, et j'ai étendu cet examen aux hautes tensions d'oxygène.

Les feuilles sont prélevées sur des pieds appartenant au même clone et cultivés en serre, puis placées dans des enceintes, en atmosphère confinée. Le vide est fait, et les enceintes sont remplies d'une atmosphère convenable. La pression partielle d'azote ou d'oxygène est déterminée de façon telle, qu'après pénétration de l'air dans les enceintes, pour ramener la pression de leur gaz à la pression atmosphérique, les teneurs en oxygène soient les suivantes : 1, 2, 5, 10, 21 (atmosphère ordinaire), 40, 60, 80 %.

Les variations des teneurs en oxygène des atmosphères ainsi constituées sont inférieures à 4 % des valeurs indiquées ci-dessus. De plus, des enceintes sont préparées avec de l'azote purifié seul ($O_2 < 0,1$ %), et avec de l'oxygène purifié seul.

Après un temps convenable, les gaz sont extraits, puis analysés selon les techniques de L. Plantefol, permettant d'obtenir une précision de 0, 01 %. Des atmosphères témoins sont également analysées.

Deux séries d'expériences comprenant chacune l'examen simultané de deux lots ont été faites :

Première série : le 8 octobre 1951, avec des feuilles n° 3 (comptées à partir du sommet de la plante) de 10 cm $\pm$ 0,5 de longueur, la durée du séjour à l'obscurité étant de 14 h 30 $\pm$ 0 h 30, à 17° C.

Deuxième série : le 22 octobre, avec des feuilles n° 2 de 8 cm $\pm$ 0,5 de longueur, la durée du séjour à l'obscurité étant de 15 h 45 $\pm$ 0 h 30, à 17° C.

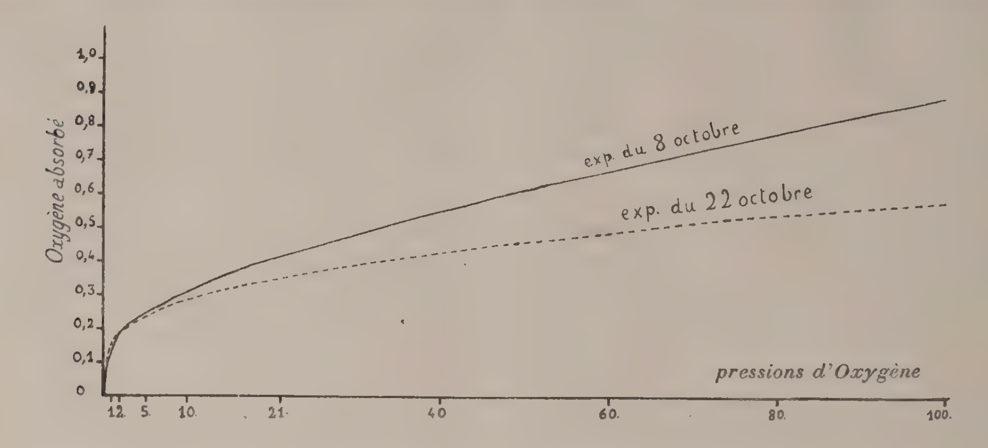
a. L'absorption d'oxygène. — Les deux courbes suivantes représentent les résultats moyens de ces deux séries, l'oxygène absorbé étant calculé en centimètres cubes par heure et par gramme de substance sèche, ramené à la température de 0°C et à la pression de 760 mm de Hg.

La consommation de l'O_2 croît très rapidement d'abord avec l'augmentation de la pression. Pour la pression de 1 %, tout l'oxygène n'est pas nécessairement consommé. Pour la pression de 2 %, il en restait entre 1,21 et 1,41 %, dans l'expérience du 8 octobre, entre 0,15 et 0,60 % dans l'expérience du 22 octobre.

([1]) L. Chevillard, F. Hamon, A. Mayer et L. Plantefol, *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, 6, 1930, p. 464-505.

([2]) J.-E. Mitchell, R.-H. Burris et A.-J. Riker, *Amer. J. Bot.*, 36, 1949, p. 368-378.

L'accroissement est moins rapide pour les pressions plus élevées, sans toutefois jamais s'annuler. Il n'est donc pas possible, pour ces organes, de définir une « pression critique », à partir de laquelle l'absorption d'O_2 serait constante.



b. Le dégagement de gaz carbonique. — Le dégagement de CO_2 est toujours très faible. Il est inconstant jusqu'à la pression de 80 %, plus fréquent en présence des hautes pressions qu'en présence des faibles, et ne dépasse pas 0,02 cm^3 : h : g de substance sèche. Il n'est constant qu'en présence de l'atmosphère d'O_2 pur, et atteint alors 0,05 cm^3 en moyenne.

La fixation d'oxygène, par les feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum*, dans la phase du métabolisme nocturne, croît donc avec la pression d'oxygène de l'atmosphère externe, selon une fonction logarithmique. Elle n'a pas atteint son maximum dans l'atmosphère ordinaire. L'émission de gaz carbonique n'est régulière qu'en présence d'oxygène pur, elle est toujours très faible.

Des recherches ultérieures tenteront de préciser s'il s'agit d'une absence réelle de formation du gaz carbonique, ou d'une absence d'émission, due à une reprise de ce corps dans le métabolisme, à l'obscurité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une forme particulière de décarboxylation biologique. Propriétés et nature du catalyseur de décarboxylation de l'acide mésoxalique.* Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

Le catalyseur thermostable de décarboxylation de l'acide mésoxalique est identifiable à une protéine à groupements thiols actifs.

La décarboxylation par la levure de bière de l'acide mésoxalique, à l'exclusion de son sel de sodium, est due à un catalyseur thermostable (1). La carbo-

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1480.

xylase n'intervient pas dans le processus car les propriétés décarboxylantes de la levure sèche sont exaltées si on la porte, au préalable, en milieu aqueux à la température de l'ébullition pendant 15 minutes, traitement qui détruit irréversiblement l'enzyme de Neuberg.

L'étude de l'activité du catalyseur en fonction de la réaction du milieu montre que l'absence de décarboxylation, constatée par Wetzel avec la levure sèche, a pour origine l'emploi d'un tampon de pH trop élevé. La décarboxylation du cétodiacide est maximum à pH 2,2 et la nature du mélange tampon présente une influence notable. Après 15 heures les pourcentages de substrat transformé par un insoluble de levure haute sont de 79,6 à pH 2,2 (phosphate-acide citrique), 61,1 à pH 2,2 (citrate-HCl), 56,7 à pH 2,61 (glycocolle-HCl) et 38,1 à pH 2,2 (biphtalate-HCl). Au delà et en deçà de ces pH optima, l'activité du catalyseur diminue rapidement comme le montrent les résultats obtenus avec le tampon citrate-ac. chlorhydrique.

Valeur du pH........	1,17	1,42	1,93	2,27	2,97	3,36	4,65
Ac. mésoxalique décarboxylé (%)........	20,4	34,8	57,3	61,6	55,7	47,5	10,5

La vitesse de décarboxylation augmente avec la température. Le tableau ci-après donne les pourcentages de substrat décarboxylé à pH 2,2 (tampon phosphate-ac. citrique) après des temps variables.

Temps d'action (h).	Températures (°C) 29.	39.	49.	59.
2....................	4,6	15,0	34,0	57,5
5....................	10,0	33,5	72,5	100
9....................	17,5	51,5	97,0	–

Les fractions insolubles présentant seules des propriétés décarboxylantes, nous avons recherché quels pouvaient être les constituants de la levure intervenant dans le phénomène. Nous avons étudié le glutathion, tripeptide fortement lié aux protéines de la levure. L'examen des résultats consignés dans le tableau ci-dessous montre que le glutathion (à 38° et à pH 2,2) décarboxyle le cétodiacide et que seule, parmi les acides aminés entrant dans sa constitution, la cystéine possède la même propriété. Par ailleurs, la cystine et l'aneurine n'ont aucun pouvoir décarboxylant.

Substances étudiées.	Acide mésoxalique décarboxylé (%). 2,30 h.	4 h.	8 h.	11 h.
Glutathion...............	9,4	13,9	27,2	35,3
l(—) Cystéine. HCl......	15,2	22,5	27,2	31,6
Glycocolle..............	0	0	0	0
Acide *d*-glutamique......	0	0	0	0

Les groupements thiols actifs des protéines de la levure sont donc responsables de la décarboxylation de l'acide mésoxalique, la réaction s'effectuant par l'intermédiaire d'un composé d'addition : une semimercaptone.

$$\text{Protéine—SH} + \begin{matrix}\text{COOH}\\ | \\ \text{CO} \\ | \\ \text{COOH}\end{matrix} \rightarrow \text{Protéine—S—}\begin{matrix}\text{COOH}\\ | \\ \text{C—OH} \\ | \\ \text{COOH}\end{matrix}$$

$$\rightarrow CO_2 + \text{Protéine—S—}\begin{matrix}\text{H}\\ | \\ \text{C—OH} \\ | \\ \text{COOH}\end{matrix}$$

$$\xrightarrow{+H_2O} \text{Protéine—SH} + \text{HOOC.CH(OH)}_2.$$

Aux propriétés biologiques déjà si importantes des groupes thiols des protéines vient s'ajouter celle de catalyseur de décarboxylation.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE VÉGÉTALE. — *Éléments d'une modernisation et d'une justification de la théorie de la métamorphose foliaire.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

La synthèse des faits morphologiques normaux et tératologiques, l'emploi des moyens expérimentaux chimiques, l'intégration de certaines données des théories nouvelles, permettent, dans un cadre élargi et rajeuni, de conserver à la théorie classique une valeur incontestable.

Les insuffisances de la théorie classique, dues à un défaut de méthode générale et d'esprit de synthèse et surtout à l'absence de preuves expérimentales, ont engendré des théories nouvelles avec les notions de modifications méristématiques, de croissance « *torale* » ou « *zonale* ». Au terme de cette évolution, les théories de l' « *autonomie florale* » [Grégoire (1), Plantefol (2)] affirment l'existence d'une irréductible coupure entre les parties végétative et sexuée des Angiospermes. On n'acceptera pas sans discussion des conclusions aussi importantes pour la Biologie générale, au moment où s'accumulent des résultats expérimentaux qui leur sont contraires.

Nous limitant à la critique de quelques-unes de ces conclusions (2), nous montrons que l'on ne peut accepter : 1° une définition phyllotaxique des phyllomes excluant, *a priori*, certaines pièces florales; 2° une séparation

(1) *La cellule*, 47, 1935, p. 285.

(2) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 1947, p. 33-186.

entre les sépales et le reste de la fleur; 3° un rejet de la notion de sporophylle chez les Angiospermes. Examinons ces propositions étroitement interdépendantes.

1° Ball (³) a montré, et nous confirmons, que les hétéroauxines perturbent la phyllotaxie et soudent les feuilles de *Tropæolum majus*; mais ces changements n'autorisent pas à nier la valeur foliaire des formations symphylles. De même, l'arrêt des spirales phyllotaxiques dans un calice *n'est que l'expression de la perturbation hormonale de la croissance végétative*. On doit admettre que les phénomènes « *végétatifs* » ne cessent pas après le calice et que l'on ne doit pas en séparer la naissance d'appendices quelconques, c'est-à-dire aucune ontogénèse, même modifiée. Les Aïzoacées possédant un appareil végétatif gamophylle réduit à deux feuilles, montrent, dès le calice, une curieuse excitation de croissance produisant un nombre élevé de phyllomes formant la fleur. Le blocage phyllotaxique n'est pas une frontière entre le « *végétatif* » et le « *sexué* », mais un épiphénomène accompagnant la multiplication insolite des phyllomes et l'absence dedéveloppement d'une tige. La validité de cette interprétation est prouvée dans les paragraphes suivants.

2° La morphologie comparée et la tératologie des phyllomes interdisent, en effet, de séparer le calice du reste de la fleur : l'étude de nombreuses « *surfleurs* » d'*Hibiscus syriacus* et de *Tropæolum majus* nous a prouvé l'homologie des sépales et des carpelles. Nous reviendrons sur ces considérations qui assimilent certains sépales à un premier cycle carpellaire avorté.

3° La négation de l'existence des sporophylles chez les Angiospermes et l'attribution d'un caractère *sui generis* aux étamines et aux carpelles se heurtent à tous les faits normaux et tératologiques permettant de localiser la sporogénèse sur certains métamères des phyllomes [en général sacs polliniques sur métamère supérieur, ovules sur métamère inférieur (*Rosa*) ou sur métamère supérieur (*Tropæolum majus, Sisymbrium Alliaria*)].

Des expériences en cours nous ont aussi montré que certaines substances induisent la réduction du limbe ou la scyphogénie, accidents du métamère supérieur que l'on retrouve, avec la diplophyllie, dans de nombreux phyllomes (feuilles, pétales, staminodes) soit normalement, soit tératologiquement; on rapprochera ces perturbations des mêmes anomalies foliaires, induites avant la floraison, de *Bergenia crassifolia* sous l'influence probable des hormones de floraison.

On entrevoit aussi l'explication des gynécées syncarpes puisque l'acide 2.3.5-triiodobenzoïque induit par gamophyllie des appareils plus ou moins clos contenant le méristème apical [*Bryophyllum* (⁴), *Impatiens Balsamina* (recherches en cours)].

(³) *Symposia of the Soc. of exp. Biol.*, n° 2, Growth, 1948, p. 246-252.

(⁴) P. Gavaudan, G. Debraux et J. Antigny, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1216.

Ajoutons que les nouvelles théories de l' « *autonomie florale* » ne peuvent expliquer, ni la régularité du plan structural de ceux des staminodes qui ne sont pas des chimères, ni le développement des surfleurs où des carpelles peuvent jouer le rôle de calice vis-à-vis de la fleur du second ordre.

Enfin, nos expériences sur *Lilium candidum* [5] montrent une continuité remarquable entre bulbille et fleur, résultat à rapprocher de la « *confusion* » entre carpelle et sépale qui vient d'être évoquée et des conclusions de Harder [6] dont les expériences sur *Kalanchœ Blossfeldiana* prouvent aussi que *stades végétatifs et reproductifs sont liés par une série de transitions continues*.

Nous concluons que la théorie de la métamorphose foliaire peut être traduite en termes de physiologie hormonale et, plus généralement, de morphologie expérimentale. Les objections soulevées par les théories nouvelles avec la croissance « *torale* », la genèse des corolles gamopétales et des ovaires syncarpes, contredisant l'idée de *soudure d'ébauches* postulée par les intuitions de la théorie de la métamorphose, s'intègreront cependant à cette thèse classique. En effet, nous pensons avec Stebbins [7] qu'au cours de l'évolution les gènes et l'action des hormones ont été responsables de l'acquisition héréditaire de modifications de l'ontogénie des phyllomes (croissances « *torale* » ou « *zonale* », « *allométrique* », etc.).

L'expérimentation appuie cette conception puisqu'elle prouve la possibilité de perturber la phyllotaxie des phyllomes, la morphologie et les rapports de taille de leurs métamères, par des modifications ontogéniques provoquant des métamorphoses homologues dans les appareils foliaire et floral sans que l'on puisse nier l'existence de parties correspondant à des phyllomes libres ou associés.

BIOLOGIE CELLULAIRE VÉGÉTALE. — *Phénomènes nucléaires observés dans l'embryon de blé soumis à l'action des basses températures, dans des conditions analogues à celles de la vernalisation.* Note de M[lle] **Pierrette Lamardelle**, présentée par M. Robert Courrier.

Les résultats que nous avons obtenus sur le ralentissement expérimental de la prophase par des agents chimiques [1] nous ont conduite à rechercher si les basses températures pouvaient provoquer les mêmes phénomènes et si l'embryon de blé refroidi était le siège de modifications nucléaires

---

(5) P. Gavaudan et G. Debraux, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1057.

(6) *Symposia of the Soc. of exp. Biol.*, n° **2**, Growth, 1948, p. 116-138.

(7) *Columbia Biol. Ser.*, n° **16**, 1950, p. 1-643.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1540; **233**, 1951, p. 1055.

susceptibles de changer le rythme mitotique au moment de la reprise de l'activité caryocinétique.

Les expériences ont été réalisées sur des embryons de blé de printemps (Vilmorin, var. *Fylgia*). Les graines gonflées 24 h et germées le même temps à 18° ont été maintenues à 3° pendant 20 jours. Des prélèvements effectués au cours du traitement ont permis d'assister dans les gemmules et les radicules à l'apparition progressive et à l'accumulation de figures préprophasiques précédemment décrites. Après 20 jours de traitement à 3°, 26 % environ des noyaux des gemmules sont bloqués à ce stade. Les résultats sont analogues à ceux obtenus après l'action des divers agents chimiques et d'une anoxie partielle [1].

Une partie des graines ainsi traitées, semées en pleine terre en même temps qu'un lot témoin, a présenté les caractéristiques de sujets vernalisés (feuilles plus larges, chaume axial plus trapu, épis plus riches en grains que chez les témoins). Le reste des graines, réparti en plusieurs lots a subi différents traitements pendant 30 h à 20° dans les conditions indiquées ci-après. Nous avons utilisé la méthode à la colchicine pour rendre plus clairs les résultats concernant le pourcentage des noyaux en division au cours de ces 30 h.

1er *lot :* graines *sur papier filtre* imbibé d'eau distillée.

2e *lot :* graines *sur papier filtre* imbibé d'une solution de colchicine à 1/1000.

3e *lot :* graines *immergées* dans l'eau distillée.

4e *lot :* graines *immergées* dans une solution de colchicine à 1/1000 Parallèlement, nous avons placé dans les mêmes conditions 4 lots de graines témoins, germées précédemment durant 48 h. Des fixations d'embryons ont été effectuées toutes les 6 h pendant 30 h, dans les différents lots témoins et traités, et ont servi aux examens cytologiques.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1er *lot.* — Nous avons tout d'abord noté un ralentissement du développement des gemmules et des radicules des embryons traités par rapport à celles des embryons témoins. La numération des stades de la caryocinèse dans la gemmule nous a révélé les différences suivantes entre traités et témoins :

Le nombre des *préprophases* décroît chez les embryons vernalisés de 20 % après 6 h à 20°, à 6 % après 30 h, tandis que chez les embryons témoins il se maintient au voisinage de 3,5 %.

Le nombre des autres *stades de la division*, sauf la télophase, est supérieur chez les embryons vernalisés à partir de la 18e heure (vernalisés : 18,9 %, témoins 14,5 %).

Le nombre des *télophases*, par contre, reste à chaque prélèvement très inférieur chez les embryons vernalisés (vernalisés : 1,4 %, témoins 4 % après 30 h à 20°).

2e *lot*. — Le traitement par la colchicine nous a permis de dénombrer tous les noyaux qui pendant les 30 h de séjour à 20° ont été le siège d'une activité mitotique. Les résultats obtenus sont analogues en ce qui concerne les *préprophases :* ches les embryons vernalisés leur nombre diminue lentement jusqu'à 6 % après 30 h de séjour à 20°. Le nombre des prophases et des diverses *formes stathmocinétiques* correspondant aux autres stades de la division reste très inférieur dans les gemmules d'embryons vernalisés où les mitoses se déclenchent donc à une cadence beaucoup plus lente que chez les témoins (59,6 % des noyaux d'embryons témoins et 24,3 % seulement des noyaux d'embryons vernalisés sont entrés en division durant les 30 h).

3e *et* 4e *lots*. — Les embryons vernalisés sont tués dans l'eau distillée après 36 h de séjour à 20° et 18 h dans la solution de colchicine à 1/1000, tandis que les embryons témoins subissent seulement un retard du développement, ce qui indique chez les premiers une plus grande sensibilité au milieu liquide et à la colchicine.

Interprétation des résultats. — Le petit nombre de télophases dénombrées dans le lot I vernalisé paraît en désaccord avec le nombre élevé des autres divisions; l'explication nous en est fournie par le traitement à la colchicine qui révèle un ralentissement de tous les stades de la division nucléaire, chacun ayant une durée plus longue que la normale.

Il semble bien que les noyaux bloqués en préprophase pendant le traitement à 3° soient seuls capables d'entrer en division durant les premières heures de la reprise d'activité. Leur liquidation s'achève seulement après 30 h. L'accumulation des stades préprophasiques, en augmentant la masse totale d'hétérochromatine dans l'embryon, modifie le rapport normal entre les constituants de cette substance (acides nucléiques, histones, etc.) et les autres constituants cellulaires.

Nous signalons ces perturbations cellulaires qui trouvent leur place dans l'étude du phénomène de vernalisation, à côté de diverses modifications biochimiques et cytologiques qui ont déjà été décrites (2), (3).

---

(2) R. DAVID, *Act. Sc. et Ind.*, **1013**, 1946, p. 89-174.

(3) Débats sur la vernalisation (Mémoires publiés par la *Société Botanique de France*, 1950-1951, p. 67-81).

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la méiose de quelques hybrides d'Iris* Apogon. I. *Hybrides* Sibiricæ, Chrysographes, Californicæ *et* Setosæ. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par Louis Blaringhem.

L'examen de la méiose de quelques hybrides *Apogon* : *Sibiricæ*, *Chrysographes*, *Californicæ* et *Setosæ* permet de préciser les relations cytotaxonomiques de ces groupes. Les hybrides intergroupes ont une méiose irrégulière et sont stériles, alors que ceux réalisés dans un même groupe ont une méiose normale et sont fertiles. Des modifications chromosomiques « structurales » existent, notamment chez les hybrides *Sibiricæ*.

Il existe chez les Iris *Apogon* des espèces parmi les groupes *Sibiricæ : orientalis*, *sibirica* à $n = 14$, *Chrysographes : Bulleyana chrysographes*, *Delavayi*, *Forresti*, *Wilsoni*, *Douglasiana*, *tenax* à $n = 20$ et *Setosæ : setosa* à $n = 19$ qui s'intercroisent assez aisément. En général, ces plantes sont assez délicates et les premiers hybrides de Dykes et Perry, par exemple, ont presque complètement disparu des jardins.

Nous avons pu en refaire quelques-uns tout en obtenant des combinaisons nouvelles : *sibirica* × *orientalis* (et inverse) à $2n = 28$, *Delavayi* × *chrysographes* (et inverse), *chrysographes* × *Forresti*, *Delavayi* × *Forresti*, *Delavayi* × *Wilsoni*, *Forresti* × *Wilsoni* (et inverse), *Douglasiana* × *tenax*, *Douglasiana* × *Bulleyana* (et inverse), *Douglasiana* × *Forresti* (et inverse), *Delavayi* × *tenax*, *tenax* × *chrysographes* à $2n = 40$; *sibirica* × *Delavayi*, *Wilsoni* × *orientalis*, *Delavayi* × *orientalis*, *chrysographes* × *orientalis*, *Douglasiana* × *orientalis* et *tenax* × *orientalis* à $2n = 34$, *sibirica* × *setosa*, *orientalis* × *setosa* à $2n = 33$ et *tenax* × *orientalis* à $2n = 39$. La plupart d'entre eux ont déjà été signalés [1] et la méiose de certains a pu être étudiée.

Sibiricæ : chez l'*I. sibirica* × *orientalis* à $2n = 28$, $n = 14$ se trouve dans 37 % des cellules, mais aussi, à côté des bivalents, il peut exister quelques univalents, des trivalents (18 % des cellules) et des tétralents (34 %), soit par cellule, une moyenne de 0,4 univalents, 12,9 bivalents, 0,2 trivalents et 0,3 tétravalents, c'est-à-dire 27,6 éléments conjugués pour 13,4 configurations chromosomiques. Une association pentavalente et une autre hexavalente ont été observées chez l'hybride inverse.

Chrysographes; $n = 20$ est présent dans 82 % des cellules de l'*I. Wilsoni* × *Delavayi* et dans les autres cellules de rares univalents et multivalents ont été décelés, c'est-à-dire 0,2 univalents, 19,7 bivalents, 0,1 trivalent et 0,02 tétravalents, soit 39,7 éléments conjugués pour 19,8 configurations; $n = 20$ est encore prédominant à la MI des *I. Delavayi* × *Forresti*, *Forresti* × *Wilsoni* et *Douglasiana* × *tenax*.

Par contre, l'*I. Bulleyana* × *Douglasiana*, également à $2n = 40$, montre des irrégularités très importantes, la moitié environ des éléments restent

non conjugués, soit en moyenne, par cellule, 20,1 univalents, 9,2 bivalents et 0,5 trivalents, c'est-à-dire 19,9 éléments conjugués pour 9,7 configurations. L'hybride inverse et l'*I. Forresti* × *Douglasiana* ont un comportement méiotique assez semblable.

Sibiricæ × *chrysographes* : c'est également une conjugaison très faible qui est caractéristique chez les *I. sibirica* × *Delavayi* et *Wilsoni* × *orientalis* à $2n = 34$, soit respectivement par cellule, une moyenne de 15,4 et 18,5 univalents, 7,7 et 7,3 bivalents, 1,0 et 0,3 trivalents et 0,06 tétravalents chez le premier, c'est-à-dire 18,5 et 15,5 éléments conjugués pour 8,7 et 7,6 configurations.

Sibiricæ × *Setosæ* : chez les *I. sibirica* × *setosa* et *orientalis* × *setosa* à $2n = 33$ l'accouplement est encore plus faible, parfois nul dans quelques cellules, soit respectivement, par cellule, une moyenne de 25,7 et 20,7 univalents, 3,2 et 5,3 bivalents, 0,3 et 0,4 trivalents, 0,02 et 0,1 tétravalents, soit 7,3 et 12,2 éléments conjugués pour 3,5 et 5,8 configurations.

Chrysographes × *Setosæ* : l'*I. tenax* × *setosa* à $2n = 39$ n'a été étudié que dans quelques cellules; l'asyndèse est aussi présente et le nombre des univalents en général très élevé (19-39), la conjugaison la plus fréquente est $4_{II} + 3_{II}$.

Ces divers examens permettent de déceler des affinités intéressantes d'ordre caryologique, génétique et phylogénique.

Au sein d'un même groupe, les hybrides *Sibiricæ* ont une conjugaison très forte. Par contre, chez les *Chrysographes* elle est, soit normale ou presque, soit irrégulière indiquant que l'affinité est grande ou très grande chez les premiers, comme chez les *Sibiricæ*, faible ou très faible chez les seconds comme chez les hybrides intergroupes. Or, dans ce groupe, qui correspond à la réunion d'espèces voisines *Sibiricæ* et *Californicæ* ayant un même idiogramme à $n = 20$, la classification proposée n'apparaît pas satisfaisante (*loc. cit.*). La méiose est précisément normale, et les hybrides fertiles, entre espèces d'un même groupe *Chrysographes* (*Wilsoni* × *Delavayi*, *Delavayi* × *Forresti* et *Forresti* × *Wilsoni*) ou *Californicæ* (*Douglasiana* × *tenax*), tandis que le comportement est irrégulier, et les hybrides stériles, lorsqu'ils sont réalisés entre espèces de groupes différents : *Chrysographes* × *Californicæ* (*Bulleyana* × *Douglasiana*, *Forresti* × *Douglasiana*). Ces divers comportements méiotiques confirment donc la valeur de certaines caractéristiques morphologiques, auxquelles s'ajoutent d'ailleurs des différences géographique et écologique. En maintenant dans le groupe *Chrysographes* les espèces *Sibiricæ* asiatiques à $n = 20$ (*Bulleyana chrysographes*, *Delavayi*, *Forresti*, *Wilsoni*) et en regroupant parmi les *Californicæ* celles de l'Ouest américain à $n = 20$ (*Douglasiana*, *tenax*) on satisfait les relations cytogénétique, taxonomique, écologique et géographique.

Quant aux hybrides intergroupes *Sibiricæ* × *Chrysographes*, *Sibiricæ* × *Setosæ* et *Californicæ* × *Setosæ*, leur conjugaison est faible ou très faible, et la stérilité la règle, tout comme pour les *Chrysographes* × *Californicæ*; et elle est d'autant plus faible que les espèces parentes sont plus éloignées (*sibirica* × *setosa*, *orientalis* × *setosa* et *tenax* × *setosa*); Dykes a en effet placé les groupes *Sibiricæ* et *Californicæ* d'une part, et *Setosæ* d'autre part, aux deux extrémités de sa classification des *Apogon*.

L'existence d'associations en chaîne aussi importantes chez les *Sibiricæ* est inattendue : les parents ne sont pas polyploïdes, sans polyvalents à leur méiose, bien que $n = 14$ soit un nombre élevé chez les *Iris* dont le chiffre de base est 4. Ce comportement, semblable à celui des hybrides *Pogoniris* grands diploïdes ([1]), doit être attribué à des changements de structure chromosomique : translocations, par exemple.

MYCOLOGIE. — *Disposition hémi-chiastobasidiée chez quelques* Théléphoracées. Note de M. **Jacques Boidin**, présentée par M. Roger Heim.

L'auteur décrit le type hémi-chiastobasidié, intermédiaire entre les types chiasto- et stichobasidiés, et caractérisé par un premier fuseau plus ou moins longitudinal et des secondes divisions apico-transverses. Cette disposition se rencontre chez les *Peniophora* section *Coloratæ* et chez quelques *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes.

Les importants travaux de Juel en 1898 ([1]), puis de R. Maire en 1902 ([2]), accordèrent une très grande valeur à la disposition des fuseaux de division du noyau diploïde de la baside. Ceux-ci, le premier et les deux seconds, sont, le plus souvent, disposés transversalement à l'apex de la baside (type *chiastobasidié*); chez quelques Chanterelles, Clavulines, etc., le premier fuseau est longitudinal et se situe plus bas, les secondes divisions ont lieu à des hauteurs différentes (type *stichobasidié*). L'importance donnée par Juel à ces caractères a été déniée par la suite, non peut-être sans quelque raison. Rappelons, par exemple, que Maire a figuré un premier fuseau longitudinal chez *Peniophora quercina* (Pers.), alors qu'il décrit *Radulum lætum* Fr., c'est-à-dire *Peniophora hydnoidea* (Pers.) Donk comme chiastobasidié; cependant, ces deux espèces sont actuellement, et à juste titre, rangées dans les *P.* section *Coloratæ*, un des groupements les mieux définis des Théléphoracées.

L'observation de coupes colorées de *P. hydnoidea* montre facilement des fuseaux de la seconde division apico-transverses, mais une étude

---

([1]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 16, 1934, p. 229; *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 650.

([1]) *Jahrb. f. Wiss. Bot.*, 32, 1898, p. 361.

([2]) *Thése*, Paris, 1902.

minutieuse permet de déceler à quelque distance de l'apex, à peu près au niveau du sommet des basidioles, des fuseaux de la première division longitudinaux ou, du moins, fortement redressés. De même, à côté de fuseaux de la première division longitudinaux ou presque, on observe, chez *P. quercina*, des secondes divisions tout à fait apico-transverses comme chez les espèces les plus typiquement chiastobasidiées. Trois récoltes de *P. aurantiaca* (Bres.) nous ont aussi montré à la fois des premiers fuseaux longitudinaux ou très obliques et des seconds apico-transverses. Il en est de même chez *P. incarnata* (Pers.) et *cinerea* (Fr.).

Les résultats de nos investigations cytologiques nous amènent donc, tout en confirmant les observations de Maire, à les compléter et à décrire un mode intermédiaire de disposition des fuseaux de division, que nous proposons de nommer *hémi-chiastobasidié*. En effet, nous sommes plus tentés de rapprocher cette disposition du type chiasto- que du type stichobasidié : les secondes mitoses sont parfaitement *apicales* et *transversales*, alors que la position des premiers fuseaux est parfois tout à fait longitudinale, mais souvent plus ou moins oblique; en outre, ceux-ci ne sont jamais très éloignés du sommet de la baside.

Nous avons montré antérieurement que les glœocystides des *P.* section *Coloratæ*, ainsi que celles des *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes [section *Amyloïdea* Bourd. et Galz. plus *Gl. lactescens* et *alutaceum* (3)] se colorent sous l'action des réactifs sulfoaldéhydiques (4). On est en droit de se demander si un tel parallélisme se poursuivrait dans la disposition des fuseaux. *Gl. lactescens* (Berk.) est typiquement *hémi-chiastobasidié*. *Gl. alutaceum* (Schrad.) montre, à côté de rares premières divisions transversales imparfaitement apicales, de nombreux premiers fuseaux très obliques ou tout à fait longitudinaux; les secondes divisions sont apico-transverses. Il apparaît donc comme un terme de passage au type chiastobasidié. Par contre, *Gl. luridum* (Bres.) et *porosum* (Berk. et Curt.) sont nettement chiastobasidiés.

Nous avons pu mettre en évidence une *troisième division* à la fois chez les espèces chiasto- et hémi-chiastobasidiées (5); elle peut avoir lieu, soit dans le haut de la baside, dans les stérigmates ou dans la spore jeune, soit seulement dans la spore mûre : dans les trois premiers cas, les basidiospores sont projetées uninucléées alors que quatre noyaux résiduels redescendent dans la baside en dégénérescence; il en est ainsi chez *P. hydnoïdea*, *quercina*, *cinerea* et *Gl. porosum*; dans le dernier cas, la spore

(3) *Bull. Soc. Linnéenne Lyon*, 19e année, 6, 1950, p. 133 et 7, p. 152.

(4) *Bull. Soc. Naturalistes Oyonnax*, 5, 1951, p. 72-79.

(5) L'existence d'une troisième division semble, en effet, très générale chez les Homobasidiomycètes, *cf.* R. Kuhner, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 618.

est binucléée et il n'y a pas de noyaux résiduels : c'est ce que nous avons observé chez *P. incarnata, aurantiaca, Gl. lactescens, alutaceum* et *luridum*.

Les *Peniophora Coloratæ* forment un groupe très évolué et relativement homogène dont toutes les espèces étudiées par nous sont *hémi-chiastobasidiées*. Les *Glœocystidiellum* à spores amyloïdes, eux aussi notablement évolués, comportent des espèces *chiasto-* et *hémi-chiastobasidiées* reliées entre elles par le *Gl. alutaceum*. Il semble difficile de faire dériver de ces deux groupes l'ensemble des *Théléphoracées* et nous considérons les espèces hémi-chiastobasidiées comme provenant de types chiastobasidiés. Les espèces stichobasidiées représenteraient un stade évolutif encore plus avancé; cette évolution se serait effectuée parallèlement dans des séries diverses, ce qui expliquerait l'absence de liens entre les diverses espèces à premier fuseau longitudinal ou très oblique : *Cantharellus, Clavulina, Hydnum repandum* ([1]), ([2]), *Sistotrema confluens* Pers. ([6]), *Mycena rubromarginata* Fr. ([7]) et *Exobasidium Andromedæ* Karst. ([2]). Le groupe des stichobasidiés serait alors un *groupe artificiel de convergence* et non, comme le pensait R. Maire, un groupe primitif.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la flore des Algues de l'étang de Vaccarès.* Note de M. ROBERT LAMI, présentée par M. Roger Heim.

L'étang de Vaccarès, vaste pièce d'eau saumâtre de 6 500 ha, est situé entre les deux principaux bras du Rhône et un ancien cordon de dunes dont les îles des Rièges sont les restes. Peu profond, soumis à une forte insolation estivale et à des vents intenses et fréquents, il présente de fortes variations thermiques et salines; en outre, recevant, par des roubines, les eaux de percolation des rizières, fort développées dans la région depuis quelques années, ses eaux semblent chimiquement assez peu homogènes. Ces caractères écologiques, très accentués et très variables dans le temps, expliquent la pauvreté de sa flore algale.

En dehors des Algues planctoniques, des Diatomées et des Cyanophycées limicoles qui forment sur la partie vaseuse de ses rives une association à *Microcoleus* et *Lyngbya*, analogue à celle des marais salants, cette flore est réduite, au début de l'été, à quelques Chlorophycées, une Bangiale et une Rhodophycée.

Des Chlorophycées, *Chætomorpha Linum* (Müll.)Kütz. est le plus abondant ; il occupe des hectares et est souvent rejeté par centaines de tonnes sur le rivage où il pourrit. Dans quelques petites anses abritées, mais

---

([6]) R. KUHNER, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1068.
([7]) R. KUHNER, *Le Genre* Mycena (*Fries*), Paris, 1938.

soumises à un faible clapotis, il forme, tout en demeurant bien vivant, des ægagropiles sphériques atteignant la grosseur du poing. Deux ou trois espèces de *Cladophora* se rencontrent mais sous des formes écologiques rendant leur détermination spécifique incertaine. L'une d'elles, fixée sur les pierrailles ou les tessons de poterie romaine, est si fortement incrustée de calcaire qu'elle en est cassante. Le *Cladophora fracta* Kütz. a été rencontré en touffes libres flottantes sans doute entraînées dans l'étang par les eaux de percolation des rizières où il est commun. Dans certaines stations, notamment dans les herbiers de *Ruppia*, les *Cladophora* prennent une teinte noirâtre, coloration due à la fixation de sels de fer par le mucilage que sécrètent des Diatomées (*Coconeis* sp.) qui recouvrent presque totalement les filaments de ces Algues. *Enteromorpha intestinalis* Link., fixé sur les pierres, est assez commun au débouché des roubines; il y présente souvent des formes très élargies simulant le port des Ulves. Cet Entéromorphe est lui aussi fortement incrusté de calcaire dans certaines stations, mais non partout. La localisation des individus calcifiés, parallèle à celle des *Cladophora* calcifiés, nous semble l'indice de variations locales de la teneur en calcium de l'eau littorale de l'étang. *Monostroma orbiculatum* (Thur.) Hamel n'a été rencontré que rarement au voisinage des Phragmitaies.

La seule Bangiale observée, *Asterocystis ornata* (Ag.) Hamel, espèce d'eau saumâtre d'un beau bleu, fort rarement signalée en France, est assez commune sur les *Cladophora*.

Ceramium diaphanum (Roth) Harv., commun dans les étangs méditerranéens, est la seule Rhodophycée rencontrée. Il se montre abondamment parasité par *Endoderma viride* (Reinke) Lagerh. En juin 1951, il était d'une abondance extraordinaire, fixé sur les feuilles et les rhizomes des *Ruppia* et sur des Salicornes totalement submergées par suite d'une élévation récente de l'eau de l'étang.

Si le nombre des espèces observées apparaît bien réduit, en revanche, celui des individus est considérable; certains *Chætomorpha* et *Ceramium*, notamment, forment des peuplements extrêmement denses.

PHYTOCHIMIE. — *Chromatographie de partage sur papier des sapogénines stéroliques.* Note de M. **Charles Sannié**, Mme **Suzanne Heitz** et M. **Henri Lapin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'analyse des saponosides à noyau stérolique est restée jusqu'à maintenant très difficile sur de petites quantités de plantes, parce qu'il n'existe aucune réaction colorée spécifique des sapogénines qui les constituent. Aussi n'a-t-on jamais tenté de leur appliquer la technique si élégante de chromatographie de partage sur papier mise au point par Consden, Gordon et Martin en 1944 pour l'identification des aminoacides dans un mélange de ces substances, et si large-

ment employée depuis à l'analyse de nombreux autres constituants des êtres vivants.

Presque toutes les réactions colorées du noyau stérolique qui ont été décrites sont obtenues en présence de SO_4H_2 concentré; il est évident que de tels réactifs se prêtent mal à la révélation de spots sur papier, surtout s'il faut chauffer. Notre premier soin a donc été de mettre au point une réaction suffisamment sensible pour révéler quelques centièmes de milligrammes, suffisamment spécifique pour pouvoir être utilisée sur des extraits végétaux bruts, et dont les constituants ne coloreraient pas ni ne détruiraient le papier employé.

Nous avons pris comme point de départ les recherches de Woker et Antever ([1]), de K. Miescher ([2]) et surtout de Sanchez ([3]) sur les hétérosides cardiotoniques, enfin ceux de Noller ([4]) sur les sapogénines triterpéniques. Deux réactions nous ont donné des résultats satisfaisants; voici comment nous opérons :

Une goutte d'une solution d'une sapogénine stérolique (à 1 ‰ dans l'alcool à 96°) est disposée sur un papier filtre; on évapore le solvant, puis on pulvérise sur le papier d'abord une solution alcoolique à 1 % d'un aldéhyde aromatique, puis après dessiccation un mélange de 12 cm^3 d'anhydride acétique et 1 cm^3 de SO_4H_2 concentré. Après séchage, la tache de sapogénine apparaît en jaune clair sur le fond blanc du papier.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les aldéhydes anisique et cinnamique, et avec la vanilline; avec le *p*-diméthylaminobenzaldéhyde la tache est rose sur un fond vert jaunâtre. Le cholestérol et l'ergostérol donnent des taches rouges ou bleues, les hétérosides cardiotoniques (cymarine, digitaline) des taches bleues.

Mais les résultats sont meilleurs avec la réaction de Carr et Price pour le calciférol. $SbCl_3$ en solution chloroformique saturée humide donne avec les sapogénines étudiées une tache jaune ou rouge orangé.

La technique est très simple; on peut à volonté employer la méthode descendante ou la méthode ascendante, celle-ci étant plus simple. Le papier qui nous a donné les meilleurs résultats est le n° 1030 des papeteries d'Arches; le Whatman n°1 convient aussi, bien que les positions des spots ne soient pas tout à fait les mêmes.

Après chromatographie, les spots sont révélés, de préférence en pulvérisant en un fin brouillard sur toute la surface du papier, soit l'aldéhyde et l'anhydride acétique sulfurique, soit $SbCl_3$.

La première difficulté à laquelle nous nous sommes heurtés a été la prépa-

---

([1]) *Helv. Chim. Acta*, **23**, 1939, p. 5, 11, 47, 511, 666, 1309.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, **22**, 1946, p. 743.

([3]) *Semana medica*, Buenos-Aires, **11**, 1936, p. 151.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 3047.

ration des sapogénines. Les deux seules dont on nous a donné un échantillon sont la gitogénine et la tigogénine; nous avons dû préparer nous-mêmes la diosgénine (et la gitogénine qui l'accompagne) du Fenugrec, la sarsasapogénine de la salsepareille du Mexique, la digitogénine par hydrolyse de la digitonine, enfin la tigogénine par réduction de la diosgénine par PtO_2.

Malgré nos demandes, il nous a été impossible d'avoir des échantillons des sapogénines isolées par Marker des plantes mexicaines. Nos résultats ne sont donc valables actuellement que pour les génines précédentes; nous espérons du reste les étendre aux autres corps qu'il nous sera possible de nous procurer.

Le choix du solvant, essentiel, a donné lieu à de multiples essais. Il faut exclure toute trace d'alcool; en présence même de faibles quantités, les génines suivent toutes le front du solvant. Le mélange qui permet les meilleures séparations est constitué par 50 cm³ d'essence purifiée ($PE = 80 - 120°$), 10 cm³ de $CHCl_3$ et 0,5 cm³ de CH_3COOH.

Ce mélange sépare mal la diosgénine de la tigogénine, mais la révélation avec $SbCl_3$ humide fait apparaître en rouge la tache inférieure de diosgénine, et au-dessus la tache jaune de la tigogénine. On pourrait du reste améliorer la séparation par l'emploi d'autres mélanges solvants, ou par chromatographie bidimensionnelle.

Comme la diosgénine possède exactement la même constitution structurelle et stérique que la tigogénine, dont elle ne diffère que par une Δ en 5-6, on pouvait penser que la coloration rouge orangé avec $SbCl_3$ était due à une insaturation de la molécule. C'est le noyau qui doit être insaturé, et non la chaîne latérale, car la pseudogitogénine préparée à partir de la diosgénine donne une tache jaune et non rouge.

Il semble donc, sous réserve d'expériences plus nombreuses, que la réaction à $SbCl_3$ puisse apporter des informations intéressantes sur la structure des sapogénines séparées par chromatographie sur papier.

HISTOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la lignification du collenchyme dans le pétiole de Carotte*. Note de M. **Pierre Nobécourt** et Mlle **Marie-Thérèse Papier**, présentée par M. René Souèges.

Si l'on effectue des coupes dans des pétioles de Carotte rouge cultivée, complètement développés, on y trouve des massifs de collenchyme angulaire qui présentent fréquemment une curieuse particularité.

En effet, si l'on procède à la coloration de ces coupes par le carmin aluné et le vert d'iode (carmino-vert Mirande), on remarque que, dans un certain nombre de cellules de ces massifs collenchymateux, la partie la plus interne de la membrane se colore très nettement en vert, la partie externe se colorant en rose. C'est surtout dans les régions les plus éloignées de l'épiderme que se trouvent ces cellules, qui forment des groupes au sein

du collenchyme normal; quelques-unes de ces cellules peuvent aussi se rencontrer, plus ou moins isolées, dans les régions externes des massifs collenchymateux.

La présence inattendue de cette zone interne colorable par le vert d'iode fait supposer qu'il s'agit d'une partie lignifiée ou subérifiée. Mais le rouge Soudan ne donne aucune coloration; il ne s'agit donc pas de subérification. Par contre, le bleu de méthylène colore les mêmes zones que le vert d'iode.

Le sulfate d'aniline et la réaction de Mäule laissent souvent incolore la partie de la membrane colorable par le vert d'iode et le bleu de méthylène. Mais, dans des pétioles très âgés, ces colorants agissent efficacement. Ceci cadre avec les résultats de recherches, encore inédites, qui nous ont montré que ces réactions colorées ne sont positives que sur des membranes dont la lignification est suffisamment avancée, tandis que les colorations au vert d'iode et au bleu de méthylène se produisent plus précocement.

Nos observations nous ont montré que ces cellules à zone interne lignifiée dérivent de cellules normales du collenchyme angulaire qui se transforment progressivement : les couches internes de la membrane se lignifient peu à peu et cette lignification se fait en direction centripète. La zone interne de la membrane ainsi lignifiée change en même temps de forme : le contour de la cavité cellulaire, qui était constitué par un polygone à côtés plus ou moins concaves, tend à devenir circulaire. On a, finalement, une sorte d'anneau lignifié d'épaisseur sensiblement égale sur tout son pourtour, entouré par une paroi pectocellulosique épaissie dans les angles. Des coupes longitudinales montrent d'ailleurs que la lignification s'étend sur toute la longueur de la paroi de la cellule. Les auteurs, qui avaient étudié précédemment la marche de la lignification dans les membranes, avaient constaté qu'elle s'effectue progressivement, de l'extérieur vers l'intérieur, en commençant par la lamelle mitoyenne. Le processus que nous venons de décrire est complètement différent.

Nous avons recherché si ce phénomène de lignification du collenchyme peut se retrouver chez d'autres Ombellifères. Des coupes de pétioles ont ainsi été effectuées dans les espèces suivantes : *Apium graveolens* L., *Buplevrum junceum* L., *Cerefolium sativum* Bess., *Cnidium apioides* Spreng., *Levistichum officinale* Koch., *Petroselinum sativum* Hoffm., *Sison Amomum* L., *Torilis Anthriscus* Gmel., *Seseli Hippomarathrum* Pall.

Toutes ces plantes nous ont montré uniquement un collenchyme angulaire présentant les réactions colorées des membranes pectocellulosiques, sans traces de lignification. Chose curieuse, nous n'avons pas pu retrouver la lignification du collenchyme dans des pétioles de Carotte de variété blanche cultivée, ni dans ceux de *Daucus Carota* L. sauvage. D'autre part, ce phénomène paraît n'avoir été décrit avant nous dans aucune plante, et semble spécial aux pétioles adultes des Carottes rouges cultivées.

CHIMIE BIOLOGIQUE VÉGÉTALE. — *Activités respiratoires des végétaux supérieurs. V. Présence de cytochrome-oxydase dans les chloroplastes; réduction du cytochrome C dans la réaction de Hill.* Note de MM. **Albert Jean Rosenberg** et **Gaston Ducet**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'activité cytochrome-oxydasique des feuilles vertes et sa localisation dans les chloroplastes est connue ([1]), ([2]). Elle a été démontrée par la réoxydation par les chloroplastes de cytochrome C réduit. Une autre manière de prouver son existence est d'étudier cette activité en atmosphère d'oxyde de carbone avec ou sans illumination. En effet, on sait que la cytochrome-oxydase est inhibée par CO et que cette inhibition cesse à l'illumination, par la dissociation du complexe CO — cytochrome-oxydase. En fait, si l'on met les chloroplastes dans une atmosphère de 95 % CO + 5 % O_2, l'absorption d'oxygène dans l'appareil de Warburg, en présence de paraphénylènediamine ou acide ascorbique + cytochrome C, est inhibée, et cette inhibition devient réversible sous l'effet de la lumière (*fig.* 1).

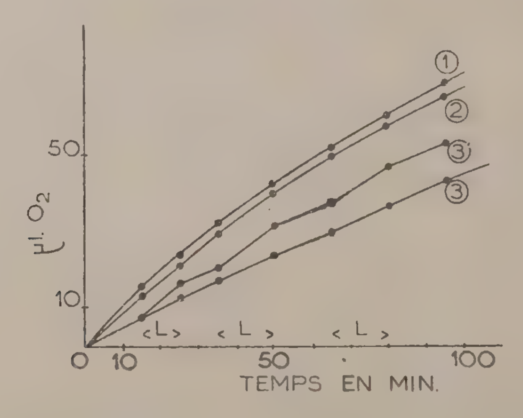


Fig. 1. — Contenu des fioles : 1 ml; suspension de chloroplastes (Soja) dans glucose M/2 : 1 ml; tampon PO_4M/5, 7,4; 0,2 ml Cyt, C. $2,6.10^{-4}$ M; 0,2 ml. paraphénylènediamine M/10; 0,6 ml eau distillée. Atmosphères : courbe 1 : 95 % N_2, 5 % O_2; courbe 2 : 80 % N_2, 20 % O_2; courbe 3 : 95 % CO, 5 % O_2. L : périodes d'éclairement de la fiole de la courbe 3′ (lampe à ruban de tungstène 10 V, 18 A).

Il est à remarquer que les feuilles entières sous forme de rondelles ne donnent pas la réaction cytochrome-oxydasique; celle-ci n'est obtenue qu'avec le broyat de feuilles ou, encore mieux, avec les chloroplastes.

L'inhibition de la cytochrome-oxydase par le CO et la réversion de

---

([1]) A. J. Rosenberg et G. Ducet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 391.

([2]) Bhagvat et Hill, *New Phytol.*, 50, 1951, 112.

cette inhibition par la lumière peuvent être également démontrées à l'aide du spectrophotomètre de Beckmann, en suivant la réoxydation du cytochrome C réduit à 550 mμ. En effet, en ajoutant du cytochrome C préalablement réduit à une suspension de chloroplastes dans laquelle on fait barboter un mélange de 95 % CO + 5 % O_2, l'oxydation du cytochrome C réduit est fortement inhibée (courbe 3, *fig.* 2). En illuminant des cuves 45 s, l'inhibition cesse; le cytochrome C réduit s'oxyde à la même vitesse que dans le témoin. On obtient ces courbes à condition de prendre soin d'ajouter du phényluréthane M/150 dans les cuves pour inhiber la photosynthèse (réaction de Hill).

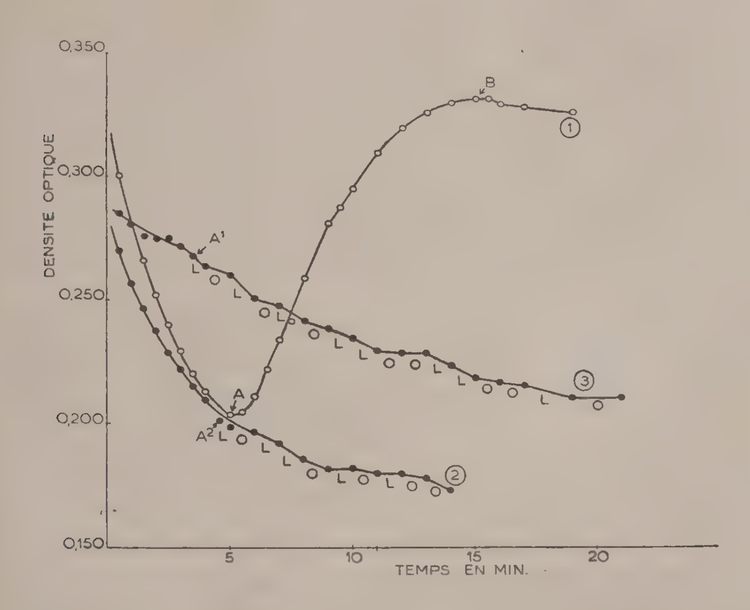


Fig. 2. — Contenu des cuves : courbe 1 : 2,5 ml Cyt. C réduit; 0,5 ml. tampon PO_4 M/5 7,4; à l'instant 0, 0,05 ml. suspension de chloroplastes (tabac). Courbe 2, comme courbe 1 en présence de phényluréthane M/150 concentration finale. Courbe 3, comme courbe 2, avec barbotage préalable d'un mélange 95 % CO, 5 % O_2. L : périodes d'illumination (débute en A, A_1 et A_2). Courbe 1 : illumination de A à B, obscurité après B. O : périodes d'obscurité.

Si l'on n'ajoute pas le phényluréthane, on a la courbe 1 (*fig.* 2) pour le témoin (donc sans CO et sans phényluréthane). Cette courbe traduit à l'illumination une nouvelle réduction du cytochrome C partiellement réoxydé.

Cette réduction du cytochrome C à l'illumination peut s'expliquer par la réaction de Hill dans laquelle le cytochrome C joue le rôle d'accepteur d'hydrogène. Mais, d'après nos expériences, il ne semble pas que le cytochrome C soit directement réduit dans la réaction de Hill. En effet, la présence du seul bisulfite, produit d'oxydation de l'hydrosulfite utilisé

pour la réduction du cytochrome C, détermine cette réduction du cytochrome C à l'illumination (³).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du jus de Tomate sur la croissance des tissus de crown-gall cultivés* in vitro. Note de M. **Jean P. Nitsch**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La croissance des cultures de tissus de crown-gall est stimulée par le jus de Tomate comme elle l'est par le lait de coco. A dose très élevée, le jus de Tomate inhibe au lieu de stimuler.

Au début de nos recherches sur la culture *in vitro* de fruits charnus (¹), nous avons signalé l'action stimulante du jus de Tomate sur la croissance des ovaires de tomates. Nous avons constaté par la suite que l'addition de jus de Tomate au milieu de Gautheret stimulait également la croissance de tissus de crown-gall d'*Helianthus annuus* (souche P III de De Ropp). Des essais plus complets ont été effectués sur deux autres souches de tissus de crown-gall isolées par Morel, à savoir *Nicotiana tabacum* et *Opuntia monacantha*.

Le milieu de base contenait les composés suivants : sels minéraux de Knop à la dose 1/2 préconisée par Gautheret (²), éléments oligodynamiques et citrate ferrique employés par Nitsch (³), saccharose (4 %), cystéine (10^{-5}), gélose (1 %) et certaines vitamines (⁴). Du jus de tomates mûres (filtré sur coton) a été ajouté au milieu de base dans les proportions de 0, 5, 10, 25 et 50 %. Le pH de chaque milieu a été ajusté à 5,0 avec de la potasse (électrode de verre). Après avoir été répartis dans les tubes, les milieux furent stérilisés 16 mn à l'autoclave. Les tubes furent ensemencés avec des fragments cylindriques de 4 mm de diamètre et 3 mm de hauteur

(³) Holt et French (*Arch. Bioch.*, **19**, 1948, p. 368) ont essayé sans succès l'emploi du cytochrome C comme accepteur dans la réaction de Hill. Mehler, récemment (*Arch. Bioch.* **33**, 1951, p. 65), prétend avoir, dans cette même réaction, observé et suivi à 550 mμ au spectrophotomètre de Beckmann la réduction du cytochrome C en présence de HCN. D'après lui, HCN serait nécessaire pour inhiber la cytochrome-oxydase. Nos résultats nous permettent de nous demander si le HCN n'est pas avant tout un intermédiaire, au même titre que le bisulfite par lequel se fait la réduction du cytochrome C.

(¹) J. Nitsch, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 445.

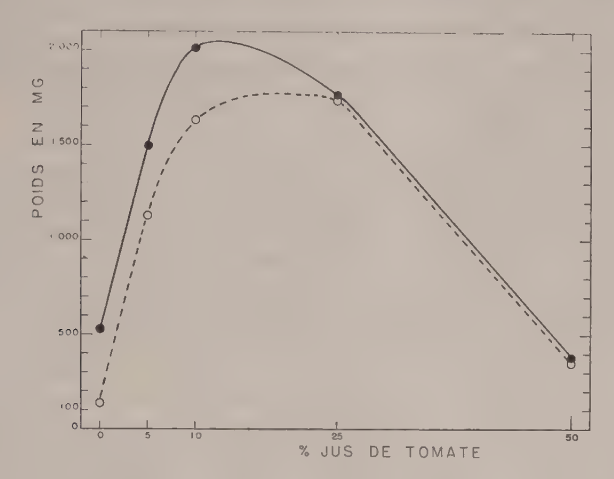
(²) *Manuel technique de culture des tissus végétaux*, Masson, Paris, 1942.

(³) *Amer. J. Bot.*, **38**, 1951, p, 566-577.

(⁴) Dans le cas de *N. tabacum* : thiamine (10^{-6}), pyridoxine (10^{-6}, acide nicotinique (5.10^{-6}), riboflavine (5.10^{-7}), pantothénate de Ca (5.10^{-6}), acide folique (10^{-7}), biotine (10^{-8}), choline (10^{-6}), acide para-aminobenzoïque (5.10^{-7}), inositol (10^{-5}). Dans le cas de *O. monacantha* : thiamine (10^{-6}), pyridoxine (10^{-6}), acide nicotinique (5^{10-6}).

découpés au moyen d'une perceuse à bouchons stérile. Chaque explantat pesait initialement 25 mg environ (poids frais).

Les cultures sur les milieux additionnés de jus de tomates poussèrent d'abord plus lentement que les témoins, mais au bout de deux à trois semaines, elles se mirent à pousser beaucoup plus vite. Cinq semaines



Influence de la concentration du jus de tomates sur la croissance des tissus de crown-gall de *Nicotiana tabacum* (courbe en trait plein) et d'*Opuntia monacantha* (courbe en tirets). Ordonnées : poids frais moyen des cultures de *N. tabacum* après 5 semaines de culture (moyennes de 6 cultures) et des cultures d'*O. monacantha* aprés 9 semaines (moyennes de 10 cultures).

après la plantation, le poids frais moyen de chaque culture de *N. tabacum* était de 2 016 mg avec 10 % de jus de tomates au lieu de 430 mg sans jus de tomates; neuf semaines après la plantation, il était de 1743 mg pour chaque culture d'*O. monacantha* avec 25 % de jus de tomates contre 138 mg sur le milieu de base, soit environ dix fois plus élevé. L'effet du jus de tomates est nettement visible sur les courbes ci-jointes. La concentration optimum pour la croissance semble devoir se placer entre 10 et 25 %. Au delà de 25 %, le jus de tomates se montre toxique et les cultures, qui ont très belle apparence à 5 ou 10 %, deviennent brunâtres et friables à 50 %

Duhamet [5] a signalé que l'addition de lait de coco au milieu synthétique de Gautheret stimule la croissance des tissus de crown-gall. La présente Note montre qu'un autre extrait de plante, le jus de Tomate, exerce aussi une action excitoformatrice puissante sur des tissus du même type.

---

(5) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 770.

FAUNISTIQUE. — *Peuplement mammalien des îles atlantiques françaises : Ouessant.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Comme suite à deux Communications antérieures [1], nous venons de poursuivre la prospection d'Ouessant. Son peuplement restait inconnu; de son étude se détachent des données inattendues d'ordre évolutif, paléogéographique et écologique.

Ouessant [2] doit être comparée aux milieux insulaires de Belle-Ile et d'Yeu (Groix et Sein restent inexplorées) et non aux formations tout à fait littorales que sont Noirmoutier, Oléron et Ré. Sensiblement les mêmes pour Yeu, Belle-Ile et Ouessant, sont l'éloignement du continent, le substrat rocheux et le climat. Toutefois, Ouessant peut revendiquer un isolement plus complet, du fait de la profondeur du fossé qui l'entoure (60 m par endroits).

Le peuplement mammalien d'Ouessant est très pauvre comparé à celui de Belle-Ile; manquent, en effet, Taupe, Hérisson et toute espèce de Campagnol. L'île d'Yeu occupe une position intermédiaire, en possédant Taupe et un Campagnol. Les éléments positifs d'Ouessant sont : un Chiroptère, sans doute migrateur *P. pipistrellus*, le Lapin de garenne, le Surmulot, la Souris, un Mulot (du groupe *sylvaticus*) et une Musaraigne du genre *Crocidura*. Rat et Souris sont manifestement importés; le Lapin a, sans doute, été importé lui aussi, dans un but de chasse. Nous pensons que le Mulot lui-même a été transporté avec les denrées. Lapin et Mulot ont d'ailleurs une distribution générale telle dans les îles, qu'ils perdent toute valeur biogéographique. Reste la Musaraigne, type du Mammifère qui ne saurait être transporté, ni franchir de bras de mer.

La Crocidure d'Ouessant constitue un sujet de déductions du plus vif intérêt. Il s'agit d'un type spécifique disparu du continent. Par contre, il se rapproche de la Crocidure de l'île d'Yeu, que nous avons dénommée : *C. oyaensis*. Les caractères externes (coloration, longueur de la queue), le crâne, les dents (3e unicuspide, grosse prémolaire et son paracône) sont du même type. Toutefois, existent quelques différences de détail qui, jointes à l'isolement, justifient une distinction et une dénomination d'ordre racial :

Crocidura uxantisi nov. subsp. — Diffère de *C. oyaensis* par l'abaissement du rostre (prémolaire et première unicuspide subégales) et une teinte légèrement plus claire (6 spécimens examinés).

---

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 212 et 296.

(2) Nous avons prospecté Ouessant, à l'exclusion des îles et îlots voisins.

Il y a tout lieu de penser que la Crocidure des îles Sorlingues (= Scilly, Cornouaille) *C. cassiteridens* Hinton, se rattache au même type spécifique que celui des deux îles françaises.

La similitude des Crocidures insulaires d'Yeu et d'Ouessant (et sans doute des Sorlingues) constitue un fait important, d'où se déduisent des conséquences multiples. C'est d'abord un exemple remarquable de fixité morphologique, en dépit de l'isolement des populations; car on ne saurait, valablement, admettre une évolution identique dans trois îles différentes et éloignées. Les Musaraignes d'Yeu, Ouessant et Sorlingues apparaissent donc comme une entité spécifique et non pas comme des vicariants des espèces continentales actuelles (*C. leucodon* et *C. mimula*), dont elles se rapprochent le plus. Ici, l'isolement n'a pas réalisé ce type spécifique particulier; il l'a conservé beaucoup plus qu'il ne l'a modifié. Il n'a permis qu'une microévolution dans la courbure du rostre. On doit admettre que ce type fut continental avant de devenir insulaire. Sur le continent, son extinction doit être le fait d'une fécondité différentielle, bien plus que d'une compétition écologique : Une ♀ gravide (6-9-51) ne portait qu'un seul fœtus à terme [3]. Si cette unique observation ne peut tenir lieu de règle, elle ne constitue pas moins une forte présomption de fécondité réduite par rapport aux Soricidés continentaux, qui portent normalement 4 à 6 fœtus.

La présence de *C. cassiteridens* aux Sorlingues, alors qu'aucune Crocidure n'existe plus dans les autres îles britanniques, situe son arrivée durant le dernier interglaciaire, au plus tard. Le peuplement des Sorlingues, d'Ouessant et d'Yeu a dû se faire pendant cette période, au cours de la grande régression médioquaternaire. Le cas des Musaraignes d'Yeu et d'Ouessant apporte une donnée nouvelle dans l'histoire géologique de la formation de la côte océane. Belle-Ile et Houat ont, en effet, reçu du continent deux Musaraignes banales et actuelles : *C. russula* et *Sorex minutus insulæ-bellæ* H. de B. (cette dernière à peine différenciée). L'isolement de Yeu et Ouessant s'avère donc antérieur à celui de Belle-Ile et de Houat (et, *a fortiori*, de Noirmoutier, Ré et Oléron). La Musaraigne d'Ouessant fournit encore une notion nouvelle d'ordre éco-éthologique. Sa répartition est singulière dans l'île. Comme biotope naturel, nous n'avons trouvé que les bancs ou dépôts de galets, à la limite de la zone intercotidale.

L'animal circule dans les interstices des pierres et établit son nid sous les plus grosses. Son alimentation est essentiellement formée ici de Talitres (qui pullulent sous les pierres) au point que les fèces de la Musaraigne présentent une teinte rougeâtre due au pigment caroténoïde du Crustacé. Comme biotope créé par l'Homme doivent être citées les murettes et les

---

(3) Une ♀ de *C. russula* de l'île de Ré (10-8-39) portait cinq fœtus.

habitations. Dans les landes à bruyères et ajoncs, de même que dans les prairies, aucune trace de Musaraignes n'a été relevée. C'est l'absence à Ouessant de Mammifères fouisseurs (Taupe, Campagnols) qui conditionne le non peuplement de ces biotopes par les Musaraignes, celles-ci ne pouvant creuser que les sols très meubles (sable). Sur les aires continentales, où abondent les fouisseurs, les Soricidés sont passés de leurs biotopes primitifs (éboulis et couche morte végétale) aux réseaux de galerie des Taupes et des Campagnols. Ainsi l'établissement d'une Biocénose entre Musaraignes et Rongeurs a permis l'extension de l'Insectivore et à son seul bénéfice, car il est prédateur des Rongeurs néonates. Ouessant fournit aux écologistes la démonstration du rôle inédit des fouisseurs dans la préparation du terrain qu'occuperont les Soricidés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'émission des gamètes chez* Chlamys varia *L.* (*Moll. Lamellibr.*). Note de M. **Pierre Lubet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Galtsoff (1938, 1940) a montré que, chez l'Huître de Virginie (*Gryphæa virginica*), la ponte et l'éjaculation sont déclenchées par des substances émises par les gamètes du sexe opposé. D'autres recherches (Nelson, 1940, 1949) ont confirmé ses conclusions et précisé la nature de certaines des substances ainsi sécrétées. Mais il restait, entre autres problèmes, à étudier celui de la séquence et de l'enchaînement normal des phénomènes.

Mes recherches ont porté sur *Chlamys varia* L., où les individus adultes sont gonochoriques. Une biopsie de la gonade permet de déterminer son degré de maturité et son sexe. Des observations comparatives montrent que l'époque de la ponte n'est pas modifiée par les conditions de l'élevage au laboratoire.

1. Au début de la période de maturité, on place, dans trois bacs séparés, de même volume, d'une part 100 mâles, de l'autre 100 femelles, dans le troisième 50 mâles et 50 femelles et, à des dates rapprochées, on détermine *le nombre d'individus n'ayant pas encore émis leurs gamètes.* Le tableau ci-dessous résume les résultats :

Date.	100 mâles.	100 femelles.	50 mâles + 50 femelles.	
9 mai	100	100	50	50
2 juin	100	100	28	37
3 »	100	100	1	3
4 »	100	100	0	0
10 »	100	100	0	0
20 »	95	97	0	0
30 »	3	27	0	0

On constate ainsi que : *a.* les individus isolés ne libèrent leurs gamètes qu'avec un grand retard par rapport à l'élevage mixte; *b.* le sperme semble être émis plus facilement que les ovules.

2. Les mâles mûrs et les femelles mûres sont placés dans deux bacs séparés, disposés de manière que l'eau, ayant alimenté l'un deux, se déverse dans l'autre.

a. Le bac « mâle » se déverse dans le bac « femelle ». Les premiers spermatozoides arrivant dans le bac des femelles déclenchent immédiatement leur ponte; l'éjaculation se produit anarchiquement, avec des retards identiques à ceux observés chez les mâles isolés de l'expérience précédente.

b. Le bac « femelle » se déverse dans le bac « mâle ». Au bout de quelques instants, et alors qu'aucune femelle n'a encore pondu, se déclenche l'éjaculation des mâles. La ponte est aussi tardive que dans le cas d'élevages séparés.

c. Les deux dispositifs précédents peuvent être combinés de manière à bien mettre en évidence la chronologie des phénomènes : dans trois bacs disposés en escalier et communicants, on place, à l'étage supérieur, des femelles, à l'étage moyen des mâles, et à l'étage inférieur d'autres femelles. Sans que se soit produite la ponte des femelles de l'étage supérieur, les mâles éjaculent aussitôt et leurs spermatozoïdes, dès qu'ils pénètrent dans le bac inférieur, y déclenchent la ponte des femelles.

Par conséquent, les phénomènes s'enchaînent ainsi : 1° l'ovaire mûr excrète une « fertilisine » qui déclenche l'éjaculation des mâles; 2° les spermatozoïdes éjaculés émettent une substance provoquant la ponte des femelles.

3. Des essais de broyats de différents viscères de la femelle montrent que seuls les ovocytes sécrètent la substance active. La ponte est provoquée identiquement par des broyats de spermatozoïdes congelés.

4. La technique de Nelson (1940) m'a permis de déceler dans des broyats de spermatozoïdes de *Chlamys* une substance identique à la « diantline » extraite du sperme de *Gryphæa angulata*, accélérant, chez les mâles, les mouvements ciliaires et intensifiant ainsi l'irrigation de la cavité palléale. Cette substance semble différente de celle qui déclenche la ponte, l'une et l'autre pouvant d'ailleurs représenter des complexes.

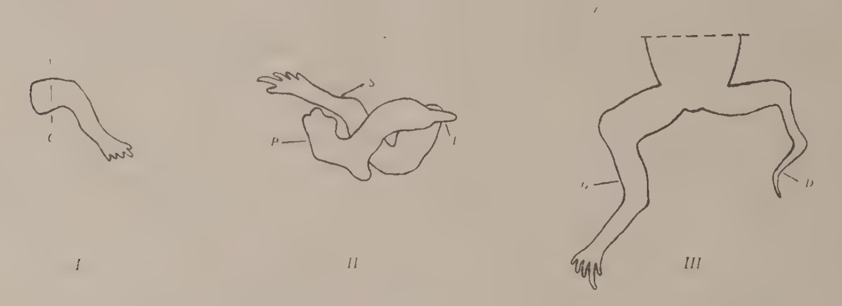
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les possibilités de régénération chez le Crapaud accoucheur.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Entre divers moyens utilisés pour restaurer le pouvoir de régénération des membres de têtards, d'Anoures, Polezhayev et Ginzburg (¹) ont réalisé

(¹) *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, **23**, 1939, p. 733.

des autotransplantations d'un des appendices et ont constaté que celui-ci pouvait régénérer alors que le symétrique conservé comme témoin ne le pouvait pas; cette différence proviendrait d'une « dédifférenciation » observée dans le premier cas et non dans le second et provoquée par la transplantation.

Dans une précédente Communication ([2]), nous avons défini, chez le têtard du Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans*, le stade limite de développement du membre postérieur et le niveau d'amputation où une régénération normale est encore possible (*fig.* 1).



I. Stade limite du pouvoir de régénération, C, au niveau de la section.

II. Double régénération provenant du greffon sur tête, P, régénérat primaire atypique; S, régénérat secondaire normal; I, segment de l'ilion.

III. Partie postérieure en vue dorsale d'un crapaud. G, membre gauche, régénérat normal; D, membre droit, régénérat atypique.

Partant de ces considérations, nous avons utilisé le même têtard, mais à un stade plus évolué, où donc la régénération se réalise moins aisément, et pratiqué des autotransplantations de membres postérieurs. Du côté gauche, le membre entier y compris son segment de ceinture pelvienne est supprimé. Il est transplanté sur la tête. Un ou deux jours après, il est sectionné au milieu de la cuisse; en même temps, le membre droit, à titre de témoin, est amputé au même niveau. Au total, 17 animaux ont été opérés.

Des résultats de cette expérimentation, trois types principaux de régénération sont à considérer :

I. En situation orthotopique, le membre gauche totalement supprimé est complètement régénéré, l'appendice néoformé est parfaitement constitué et fonctionnel (*fig.* 3).

II. Le membre droit (témoin) régénère, à partir de la section, un appen-

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1110.

dice mal conformé auquel il manque des parties plus ou moins importantes et qui est incomplètement fonctionnel (*fig.* 3).

III. Le greffon en position céphalique se modifie progressivement pour former un gros bourgeon conique. Vers son sommet, un bourgeonnement apparaît, c'est un régénérat (primaire) qui se développe en un membre atypique souvent très atrophié. Il est de latéralité gauche ([3]), correspondante à celle originelle du transplant (*fig.* 2).

La régénération du type III est analogue à celle du témoin (II). La transplantation préalable n'a donc pas été déterminante d'une meilleure régénération. L'examen histologique des parties supprimées des membres greffés, particulièrement au niveau de la section, montre que les greffons sont l'objet d'une dégénérescence importante, les structures tissulaires sont très altérées, les images de pycnoses sont nombreuses, seules quelques cellules, spécialement de caractère conjonctif, conservent une apparence de vitalité. De ce fait, à l'encontre du résultat escompté, les processus de « dédifférenciation » du greffon sont trop accentués, ils sont, en réalité, des phénomènes de mortification, ils ne permettent pas une régénération normale.

Toutefois, accessoirement dans cinq cas, de la base du gros bourgeon céphalique, un deuxième régénérat s'extériorise, il se développe en un membre normalement constitué de latéralité opposée au précédent, il est droit (*fig.* 3). La possibilité d'une régénération secondaire typiquement normale et d'une primaire déficiente, à partir du même greffon, laisse supposer, chez lui, des facteurs morphogénétiques différents. S'ils sont en relation avec les phénomènes de dégénérescence observés, celle-ci serait moins profonde dans la zone initiatrice du régénérat secondaire et en cela répondrait, dans ce cas, au but poursuivi de « dédifférenciation ».

La régénération du type I, après ablation totale du membre, elle aussi est normale. Sa réalisation comporte des conditions différentes des précédentes, elles ont été développées ailleurs ([4]).

Ainsi, chez le même individu, pour un même type d'organe, les régénérations s'établissent différemment selon le lieu où elles sont provoquées. Par cela est confirmé la notion que la régénération est avant tout un processus *local* et dans des limites assez étroites comme l'indiquent les doubles régénérations s'établissant à proximité l'une de l'autre.

([3]) Latéralité discernable dans les membres suffisamment développés.

([4]) Lecamp, *loc. cit.*, 1950.

RADIOBIOLOGIE. — *Autoradiographie par neutrons. Dosage du lithium dans les embryons d'Amphibiens.* Note de Mme **Adrienne Ficq**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'usage des émulsions nucléaires permet de doser et de localiser le Li à l'échelle microscopique dans les embryons d'amphibiens. Des coupes d'œufs et de blastulas traitées au Li montrent une concentration de l'ordre de 10^{-4} g : g. Le Li semble concentré dans le pôle animal.

On sait depuis longtemps que le LiCl exerce des effets spécifiques sur la morphogenèse des amphibiens : microcéphalie, cyclopie, absence de la chorde (1). Comme le mécanisme de l'action du Li sur les œufs demeure inconnu, il nous a paru utile d'essayer de déceler sa localisation dans l'embryon.

Nous avons donc tenté d'appliquer la méthode d'autoradiographie par irradiation neutronique (2) à l'étude de la distribution du Li dans l'embryon, après traitement par ce toxique.

Des œufs indivis d'axolotl, traités par une solution de LiCl à 1 % pendant 3 h, puis lavés de façon répétée, et des œufs témoins, ont été fixés par congélation et dessiccation à basse température, pour réduire les dangers de la diffusion des ions. Une couche d'émulsion Ilford « in gel form » de 100 μ environ (après séchage) a ensuite été coulée sur chaque préparation histologique épaisse de 10 μ.

Les plaques ainsi obtenues ont été exposées à la pile de Châtillon et ont reçu une dose de 10^9 neutrons : cm².

Pour éviter toute confusion avec les protons de la réaction $N(n, p)$, nous n'avons compté que les trajectoires de projection horizontale supérieure à 6 μ et partant de l'embryon.

Des trajectoires parasites en nombre assez important sont dues au Li contaminant le verre et l'émulsion, et aux protons de recul.

Le schéma montre un net enrichissement en Li dans l'embryon traité (A, embryon non traité; B, embryon traité).

Un calcul approximatif permet d'estimer à 10^{-8} g la teneur en Li de la coupe examinée, ce qui correspond à une concentration dans l'œuf de l'ordre de 10^{-4} g : g en supposant une répartition homogène du Li.

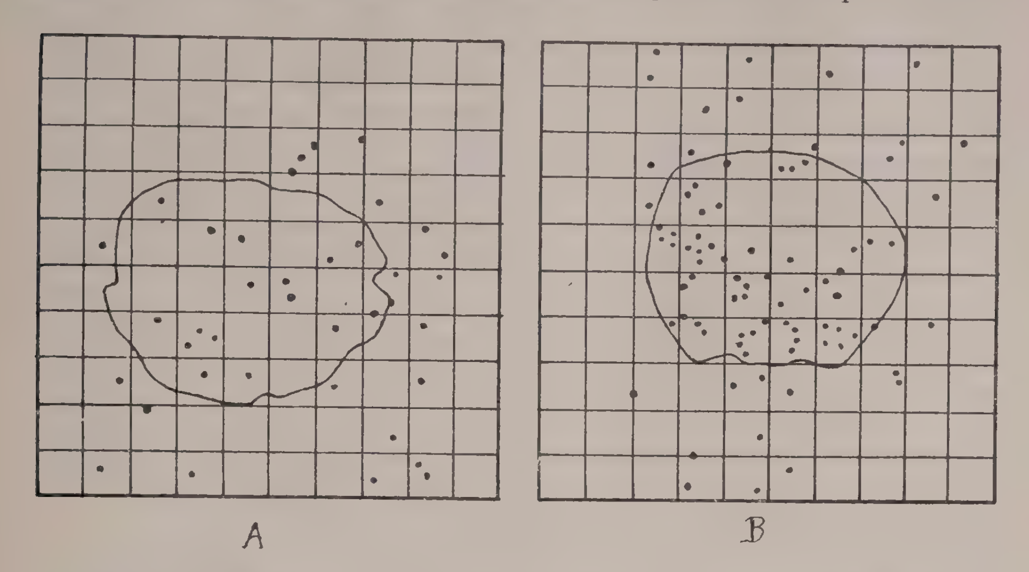
Nous avons appliqué le même traitement à des blastulas d'axolotl. Les coupes recouvertes d'émulsion ont été irradiées cette fois à 10^{10} neutrons : cm².

---

(1) F. E. Lehman, *Archiv. Entw. Mech.*, 138, 1938, p. 323; S. Ranzi et E. Tamini, *Rendic. Istit. Lombardo Sci. Lett.*, 75, 1941, p. 324.

(2) I. Curie et H. Faraggi, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 959; E. Picciotto et M. Van S. Yvendael, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 855; C. Goodman et G. A. Hompson, *Am. Min.*, 28, 1943, p. 457.

L'examen microscopique montre une concentration de l'ordre de 10^{-4} g:g également. 1500 trajectoires ont été comptées, réparties sur coupes. La moitié



de la coupe correspondant au pôle animal se montre systématiquement plus riche en Li : le rapport moyen du nombre de trajectoires comptées dans les deux pôles est de 1,4.

Cet essai préliminaire montre l'intérêt de la méthode. D'autres essais sont en cours pour confirmer et étendre ces résultats. Un contrôle est également effectué par voie spectrographique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution des acides nucléiques de la moelle osseuse sous l'effet d'irradiation totale par rayons* X. Note (*) de MM. **Paul Mandel**, **Pierre Métais**, **Charles Gros** et **Raymond Voegtlin**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'histologie met en évidence les changements que subit la moelle osseuse d'animaux soumis à l'action des rayons X ([1]) à ([9]). Mais elle ne peut fournir

(*) Séance du 3 décembre 1951.

([1]) H. Heineke, *Münch. Med. Wochens.*, 50, 1904, p. 2090.

([2]) R. Milchner et M. Mosse, *Berl. Klin. Wochens.*, 41, 1904, p. 1267.

([3]) P. Krause et K. Ziegler, *Forts. Geb. Röntgenstr.*, 10, 1906, p. 126.

([4]) A. Lacassagne et J. Lavedan, *Paris Méd.*, 14, 1924, p. 97.

([5]) B. Shouse, S. Warren et G. Whipple, *J. of Exper. med.*, 53, 1931, p. 421.

([6]) K. Mardersteig, *Strahlentherap.*, 61, 1938, p. 107.

([7]) R. Töppner, *Zeitschr. Ges. Exper. Med.*, 109, 1941, p. 369.

([8]) G. Brecher, H. Endicott, H. Gump et H. Brauwner, *Blood*, 3, 1948, p. 1259.

([9]) Langendroff et W. Papperitz, *Strahlenter.*, 65, 1939, p. 624.

que des résultats tout au plus semi-quantitatifs. Or il importe de confronter les doses de rayons X dûment mesurées avec les données quantitatives traduisant leurs effets.

Nous avons montré [10], [11] comment les recherches sur les acides nucléiques permettent d'aboutir à des valeurs numériques qui reflètent l'intensité des proliférations cellulaires au cours des phénomènes de croissance, régénération et hypertrophie compensatrice. Une conception analogue a été développée par Davidson et collaborateurs [12] et appliquée aux recherches sur la moelle [13], [14]. La moelle osseuse représente en effet un tissu en constante prolifération; l'étude de son acide désoxypentose-nucléique (D.N.A.) constituant essentiel des chromosomes [15] permet d'évaluer l'accroissement ou la réduction de la masse nucléaire alors que la détermination conjuguée de l'acide pentosenucléique (P.N.A.) et de l'azote protéique fournit des données quantitatives sur les variations du cytoplasme dans l'ensemble des cellules médullaires. Il nous a semblé judicieux de rechercher dans l'évolution des acides nucléiques des données quantitatives traduisant l'action des rayons X sur la moelle osseuse.

Nos essais ont porté sur 120 rats blancs groupés en 15 lots. Dans chaque lot les animaux, de même âge et de même sexe, provenaient d'une ou deux portées issues de croisements entre frères et sœurs à travers plusieurs générations. Les diverses portées comportaient de ce fait des individus dont les organes avaient une constitution chimique voisine il en était de même pour la quantité absolue de P. N. A. et de D. N. A.; de la moelle d'os longs (fémurs et tibias).

Deux ou trois sujets de chaque portée ont servi de témoins. Les autres ont été soumis à une irradiation totale de 500 r. Les divers lots ont été sacrifiés par saignée à intervalles différents après l'exposition aux rayons X (40 mn, 12, 24 et 26 h; 4, 6, 7, 8, 11, 14, 16 et 21 jours). La totalité de la moelle des fémurs et tibias a été prélevée rapidement, réfrigérée, soumise aux dosages (acides nucléiques fractionnés d'aprés Schmidt et Thannhauser [16], phosphore déterminé selon Briggs, pentoses selon Mejbaum [17], désoxypentose selon Dische [18], bases puriques par l'absorption dans l'ultraviolet au Beckman).

Le graphique montre une réduction du D. N. A., du P. N. A. et de l'azote protéique dès la 12e heure après l'irradiation, avec des valeurs minima au bout de 26 h pour le P.N.A. et entre le 2e et le 4e jours pour le D.N.A. La réduction

---

(10) P. Mandel, *Exposés de Biochimie médicale*, Masson 13e série 1951, p. 255.

(11) P. Mandel, M. Jacob et L. Mandel, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 786.

(12) J. Davidson, I. Leslie, *Nature*, London, 165, 1950, p. 49.

(13) J. Davidson, I. Leslie et J. White, *J. Path. Bact.*, 60, 1948, p. 1; 63, ibid. 1951, p. 471.

(14) R. Voegtlin et P. Métais, *Presse Med.*, 58, 1950, p. 1349.

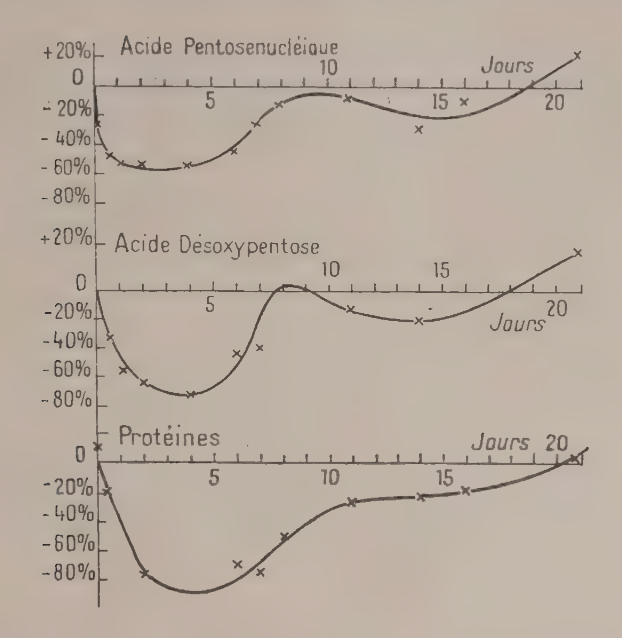
(15) A. Mirsky, *Adv. in Enzymol.*, 3, 1943, p. 1.

(16) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

(17) *Z. Phys. Chem.*, 258, 1939, p. 117.

(18) *Microchem.*, 8, 1930, p. 4.

de la masse nucléaire (70 %), que traduit la diminution du D.N.A., est plus accusée que celle du P. N. A. (50 % environ). Ainsi la sensibilité prédominante du noyau cellulaire aux rayons X mise en évidence par l'histologie trouve une expression quantitative par l'étude biochimique. Entre les 4e et 6e jours



après l'irradiation s'amorce la reconstitution des acides nucléiques selon un rythme plus rapide pour le D.N.A. que pour les constituants cytoplasmiques. Au bout de 20 jours les valeurs d'acides nucléiques dépassent légèrement les valeurs normales. La dépression des valeurs de D. N. A. et P. N .A. après le 8e jour s'accorde avec l'hypothèse d'une réparation en plusieurs vagues (Langendorff et Papperitz (9) d'après l'histologie).

Parallèlement à l'étude biochimique, nous avons déterminé sur des frottis de moelle le pourcentage des divers types cellulaires. Notons seulement ici que la confrontation des données biochimiques et du médullogramme, permet d'évaluer avec une approximation satisfaisante la part des divers types de cellules dans le D.N.A. total. On obtient ainsi des nombres qui reflètent les variations de la quantité absolue des éléments figurés de la moelle.

Conclusion. — L'étude de l'évolution du D.N.A. et du P.N.A. de la moelle du Rat après irradiation totale par les rayons X fait apparaître une chute considérable du D.N.A., donc de la masse nucléaire entre le 2e et le 4e jour et une réduction moins importante du P. N. A., témoin de la lyse cytoplasmique. Vingt jours après l'irradiation, les valeurs des acides nucléiques dépassent les chiffres initiaux normaux. L'intérêt de la confrontation des résultats biochimiques et histologiques est envisagé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie sur papier des dérivés guanidiques monosubstitués.* Note de MM. **Jean Roche**, **Wolfgang Félix**, Mme **Yvonne Robin** et M. **Nguyen van Thoai**, présentée par M. Maurice Javillier.

Des recherches sur la formation de la créatine chez les Invertébrés ont conduit deux d'entre nous ([1]) à rechercher si l'absence de ce corps chez certains animaux est liée à celle d'une méthylase ou à celle de glycocyamine. Or, l'acide guanidoacétique ne présente pas de réaction spécifique; aussi son identification parmi d'autres guanidines monosubstituées a-t-elle exigé l'élaboration d'une méthode d'analyse de ces corps. Celle que nous avons mise au point (chromatographie sur papier, révélation des taches des guanidines monosubstituées par la réaction de Sakaguchi) est ici exposée. Aucun des essais avec le *n*-butanol ou le phénol, acétique ou ammoniacal, comme phase solvante, n'a permis de séparer de manière satisfaisante les corps étudiés (agmatine, arcaïne, arginine, glycocyamine, méthylguanidine, octopine), même avec imprégnation préalable du papier par des solutions-tampon (pH 1,0 à 12,0) et séchage ([2]). Par contre, le traitement du papier à a soude ou à la potasse 0,06-0,2 N a conduit à des résultats dont un exemple est présenté dans le tableau.

Valeurs des R_f *de guanidines monosubstituées obtenues par chromatographie sur papier Whatman* n° 1 *traité à la soude ou à la potasse* 0,066 N *ou à une solution tampon* (*phosphates*) *de* pH 12,0 (*phase solvante : n-butanol,* 78 *parties; eau,* 17 *parties; acide acétique,* 5 *parties*).

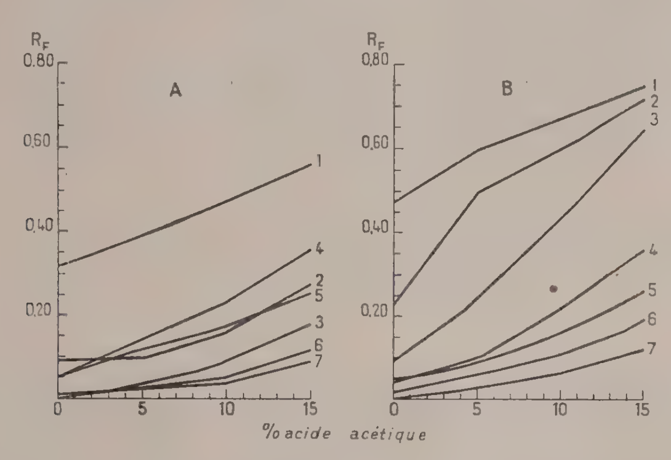
Guanidine monosubstituée.	Na OH 0,066 N.	KOH 0,066 N.	Solution tampon de pH 12,0.
Octopine	0,022	0,017	0,007
Arginine	0,053	0,046	0,031
Glycocyamine	0,103	0,092	0,077
Agmatine	0,144	0,160	0,082
Arcaïne	0,278	0,307	0,214
Méthylguanidine	0,483	0,543	0,432

Le mode opératoire suivant a été adopté pour la séparation et la caractérisation des guanidines monosubstituées. Des feuilles de papier Whatman n° 1 sont immergées dans de la soude 0,2 N et séchées à l'air. On dépose sur une ligne de départ les microgouttes des solutions que l'on soumet à l'analyse chromatographique en utilisant comme solvant

---

([1]) Nguyen-van Thoai et Y. Robin, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 452.
([2]) E. F. Mc Farren, *Analyt. Chem.*, **23**, 1951, p. 168.

divers mélanges de *n*-butanol, d'acide acétique et d'eau (*n*-butanol de 83 à 68 parties, eau. 7 parties, acide acétique de 0 à 15 parties). Les guanidines sont révélées en pulvérisant successivement à la surface du papier soigneusement séché : 1° une solution renfermant 0,2 ml NaOH à 40%, 0,2 ml de solution alcoolique d'α-naphtol à 1% ; 0,2 ml de solution aqueuse d'urée à 40% et 10 ml de *n*-butanol ; 2° une solution de BrONa provenant de la dilution au cinquième de celle obtenue par l'addition de 0,9 ml de brome à 100 ml NaOH à 10%. La coloration des taches en rose violacé (octopine) ou fleur de pêcher (autres dérivés étudiés) n'est stable qu'à condition d'employer des solutions finement pulvérisées et d'opérer la dessiccation rapide et complète du papier, à froid, après la pulvérisation de chacun des deux réactifs. La figure rend compte des résultats.



Variations de R_f de diverses guanidines monosubstituées (1. Méthylguanidine; 2. Arcaïne; 3. Agmatine; 4. Acide arginique; 5. Glycocyamine; 6. Arginine; 7. Octopine) sur papier Whatman n° 1 (A, non traité; B, imprégné de NaOH 0.2N), en présence de mélanges de *n*-butanol (83 à 68 p.), d'acide acétique (0 à 15 p.) et d'eau (17 p.). *Abscisses :* pour 100 d'acide acétique dans la phase solvante. *Ordonnées :* R_f.

Les taches occupent des positions correspondant à une séparation beaucoup plus nette sur le papier traité à la soude (B) et, dans un cas comme dans l'autre, leur dispersion est d'autant plus grande que la phase solvante est plus riche en acide acétique. En outre l'imprégnation alcaline du papier permet le partage des guanidines en deux groupes, les bases fortes (méthylguanidine, arcaïne, agmatine) se rassemblant dans une région du chromatogramme et les corps à groupement carboxyle ou carbonyle (glycocyamine, acide arginique, arginine, octopine) dans une autre.

L'emploi simultané de ces deux types de chromatogrammes (A et B) s'est révélé indispensable pour l'identification des dérivés guanidiques dans les tissus des Invertébrés, que nous poursuivons au Laboratoire Maritime de Concarneau avec I. Garcia. Il nous a permis par ailleurs de déceler la présence, dans les muscles de Mollusques et de Crustacés, de corps de cette série non identifiables à ceux isolés jusqu'ici des êtres vivants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrogenlyase, formico-déshydrogénase et hydrogénase chez* Escherichia coli. Note de Mme **Grunberg-Manago**, M. **Jekisiel Szulmajster** et Mlle **Annie Prouvost**, présentée par M. Maurice Javillier.

La production anaérobie d'hydrogène moléculaire par *E. Coli* à partir du formiate, s'interprête à l'heure actuelle de deux manières : 1° D'après Stephenson et Stickland ([1]) la dégradation anaérobie du formiate se fait en une seule étape, par un enzyme particulier, l'hydrogenlyase, suivant la réaction : $HCOOH \rightleftharpoons H_2 + CO_2$.

2° D'autres auteurs ([2]), ([3]), ([4]) admettent que la dégradation se fait en plusieurs étapes par action combinée d'enzymes : *a*. Réaction catalysée par la formico-déshydrogénase en présence d'un accepteur d'hydrogène :

$$HCOOH + A \rightleftharpoons CO_2 + AH_2.$$

b. Réaction catalysée par l'hydrogénase :

$$\left.\begin{array}{l} 2\,H^+ + A \rightleftharpoons AH_2 \\ H^2 \rightleftharpoons 2\,H^+ + 2\,e \end{array}\right\} H_2 + A \rightleftharpoons AH_2.$$

D'après certains auteurs ([1]), ([3]), un troisième facteur transporteur d'électrons interviendrait dans la production d'hydrogène moléculaire entre la formico-déshydrogénase et l'hydrogénase. L'argument principal en faveur de la première interprétation était fondé sur la propriété de *Aerobacter aerogenes* de produire l'hydrogène moléculaire à partir du formiate, sans qu'on puisse mettre en évidence l'hydrogénase. Or, depuis, il a été montré que toutes les souches de bactéries coliformes qui décomposent l'acide formique avec production d'hydrogène, possédent les deux enzymes : formico-déshydrogénase et hydrogénase, et celle-ci a été retrouvée chez *Aerobacter aerogenes*. D'autre part, comme rien jusqu'ici ne permettait de distinguer le comportement de ces enzymes, même chez les bactéries déficientes en Fe ou en N ([3]), ([5]), la deuxième interprétation était la plus généralement répandue. Nous apportons dans cette Note des preuves que l'hydrogénlyase est un enzyme ou un complexe d'enzymes distinct des deux autres.

E. Coli a été cultivé sur milieu liquide, peptone glucosé, à 37° à l'air, soit sans agitation (semi-anaérobiose), soit avec agitation (aérobiose forcée). Les trois enzymes sont plus actifs lorsque *E. Coli* est cultivé sur milieu peptoné,

---

([1]) M. Stephenson et L. H. Stickland, *Bioch. Journ.*, **27**, 1933, p. 1517.
([2]) E. Ordal et H. O. Halvorson, *J. Bact.*, 38, 1939, p. 199.
([3]) W. S. Waring et C. H. Werkman, *Arch. Biochem.*, **4**, 1944, p. 75, New-York, 1949.
([4]) R. Lemberg et J. Legge, *Hematin compounds and bile pigments*, Intersc.
([5]) J. Deley, *Enz.*, **14**, 1951, p. 296.

que sur le milieu synthétique; certains aminoacides sont en effet nécessaires pour la formation de ces enzymes. Dans la plupart des expériences il était inutile d'ajouter le formiate au milieu de culture, la dégradation du glucose par *E. Coli* produisant le formiate nécessaire à la formation de l'hydrogénlyase, enzyme adaptatif.

Les expériences étaient faites avec les bactéries en suspension non proliférantes. La suspension bactérienne et le broyat ont été préparés par la méthode habituelle (6). Toutefois, pour mesurer l'activité de l'hydrogénlyase, les bactéries étaient lavées deux fois seulement et sans passage d'air, ces traitement affaiblissant son activité.

L'activité déshydrogénasique est mesurée par la technique de Thunberg et exprimée en QBM = mm³ d'H_2 transféré au bleu de méthylène par milligramme N bactérien et par heure. L'activité de l'hydrogénlyase est mesurée dans le Warburg en atmosphère d'azote, par le dégagement d'hydrogène à partir du formiate et exprimée en QH_2.

L'action des inhibiteurs (tableau) montre une nette différence entre l'hydrogénlyase et les deux autres enzymes. L'azoture de sodium n'inhibe pas du tout l'hydrogénase et à peine la formico déshydrogénase (0 à 20 %), tandis qu'il inhibe à 100 % l'hydrogénlyase.

L'hypophosphite de sodium, connu comme inhibiteur de la formico-déshydrogénase (7) est sans action sur l'hydrogénase et l'hydrogénlyase. A la concentration N/3000, la formicodéshydrogénase est inhibée à 100 %, alors qu'il n'y a qu'une inhibition de 10 % de l'activité de l'hydrogénlyase dans les premières 40 mn, laquelle est annulée par la suite. Même aux concentrations plus fortes M/500, l'hydrogénlyase reste peu sensible à l'hypophosphite.

Une autre preuve que l'hydrogenlyase est différente de la formico déshydrogénase et de l'hydrogénase est fournie par le fait que les bactéries cultivées en aérobiose forcée possèdent seulement les deux derniers enzymes, l'hydrogénlyase étant détruite. De plus, le broyage des bactéries détruit l'hydrogénlyase alors que la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase ne sont pas touchées. D'une façon générale, l'hydrogénlyase est donc beaucoup plus fragile que les deux autres enzymes.

On ne peut expliquer ces différentes actions : azoture de sodium, aération, broyage, par la destruction ou l'inhibition du facteur intermédiaire entre la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase. En effet, l'insensibilité de l'hydrogenlyase à l'hypophosphite, alors que la formicodéshydrogénase est inhibée par celui-ci, exclut cette dernière hypothèse. L'hydrogenlyase n'est donc pas un complexe de la formicodéshydrogénase et de l'hydrogénase avec intervention éventuelle d'un facteur intermédiaire, mais un enzyme distinct.

---

(6) E. Aubel et J. Szulmajster, *Bioch. et Bioph. Acta*, 5, 1950, p. 255.

(7) A. Takamiya, *Acta Phytochimica*, 13, 1942.

Action des inhibiteurs sur l'hydrogenlyase, la formicodéshydrogénase et l'hydrogénase de *E. Coli*.

Suspension bactérienne ou suspension privée de cellules provenant de bactéries broyées.

Formiate de sodium M/60 concentration finale, hydrogène ou eau dans les témoins. Azoture de sodium M/300 concentration finale ou hypophosphite de sodium M/3 000 concentration finale.

Bleu de méthylène M/10 000 concentration finale dans le cas de l'hydrogénase et de la formicodéshydrogénase, complété à 2,5 cm³ avec tampon phosphate pH 6,8.

L'activité déshydrogénasique est exprimée en QBM.

L'activité de l'hydrogenlyase est exprimée en QH_2, calculé entre 60 et 120 mn. Température 37°.

		N_3Na.		Inhibition (%).	PO_2H_2Na.	Inhibition (%).
Bactéries poussées en semi-aérobiose.	Hydrogenlyase.........	1150	0	100	1160	0
	Formicodéshydrogénase.	560	500	11	0	100
	Hydrogénase...........	1170	1200	0	1200	0
Bactéries poussées en aérobiose forcée.	Hydrogenlyase.........	0	–	–	–	–
	Formicodéshydrogénase.	580	554	5	–	–
	Hydrogénase...........	1170	1200	0	1200	–
Bactéries broyées.	Hydrogenlyase.........	0	–	–	–	–
	Formicodéshydrogénase.	150	150	0	–	–
	Hydrogénase...........	336	336	0	–	–

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre cytochromes et streptomycine chez un mutant de* Bacillus cereus *exigeant la streptomycine pour sa croissance.* Note de MM. **Pierre Schaeffer** et **Piotr P. Slonimski**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le mutant de *Bacillus cereus* exigeant en streptomycine, privé de cet antibiotique, s'appauvrit en cytochromes. L'appauvrissement est plus marqué pour le cytochrome *c* que pour les cytochromes *a* et *b*.

Lorsque des mutants de *B. cereus* qui exigent la streptomycine en sont privés, leur croissance s'arrête après quelques divisions, que l'oxygène soit ou non présent. Si la croissance résiduelle se fait en aérobiose, l'intensité respiratoire aux dépens du glucose diminue constamment; si elle a lieu en anaérobiose, la vitesse de fermentation du même sucre reste constante. Ces résultats ont suggéré que, chez ce mutant, la streptomycine intervient dans la synthèse des enzymes de la respiration « terminale » ([1]), ([2]), ([3]). Parmi ces enzymes, nous avons étudié en premier lieu les cytochromes, plus accessibles à l'observation du fait de leurs propriétés spectroscopiques.

([1]) P. Schaeffer, *Ann. Inst. Pasteur*, **78**, 1950, p. 624.

([2]) P. Schaeffer, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1032.

([3]) P. Schaeffer, *Biochim. Biophys. Acta* (à paraître, 1952).

Nous avons donc comparé le spectre des cytochromes réduits de cultures aérobies « normales » et « carencées ». Nous entendons, par cultures « normales » des cultures en croissance exponentielle dans un milieu contenant de la streptomycine à la concentration optima, et par cultures « carencées » celles dont la croissance vient de s'arrêter faute de cet antibiotique.

On trouvera ailleurs les détails de la technique de culture ([1]), ([3]). L'observation microscopique des bactéries nous a permis d'écarter les cultures dans lesquelles s'étaient produites des mutations réverses : en effet, seules les cultures carencées présentent des formes géantes filamenteuses ([1]). Les recherches spectroscopiques comportaient : 1° l'examen des suspensions bactériennes additionnées d'hydrosulfite au microspectroscope de Hartridge; 2° le dosage spectroscopique, *in situ*, du cytochrome *c* et du protohème total, dosage fondé sur la compensation de l'intensité des bandes α ([3]), ([5]).

Cultures normales. — Le système des cytochromes du mutant exigeant «normal» ne diffère pas sensiblement de celui du type sauvage. Les données concernant ce dernier ont déjà été publiées ([3]), ([4]); celles concernant le mutant exigeant « normal » cultivé en aérobiose sont les suivantes : les cytochromes *a*, *b* et *c* sont présents, la bande composite ($\alpha b + \alpha c$), centrée à 557 mμ (18°), étant bien plus intense que la bande αa (601-602 mμ à 18°) qui est très faible. La teneur en cytochrome *c* est en moyenne de 0,5 μ mole : g d'azote bactérien (valeurs extrêmes 0,3 et 0,7); la teneur moyenne en protohème est de 1,3 μ moles : g d'azote (valeurs extrêmes 1,0 et 1,7).

Cultures carencées. — Lorsque la croissance aérobie du mutant est arrêtée faute de streptomycine, on constate, dans certaines expériences, l'absence presque complète du spectre : une seule bande très faible, située à 556-557 mμ subsiste ([6]). Dans ces cas, le cytochrome *c* n'est pas dosable spectroscopiquement à 18° et la teneur en protohème est environ le sixième de celle des témoins normaux. Dans d'autres expériences, les résultats, bien que nets, sont moins spectaculaires : par exemple, les teneurs en cytochrome *c* et en protohème sont diminuées respectivement des trois quarts et de la moitié. La disparition du cytochrome *a* par carence en streptomycine n'est pas, non plus, un phénomène constant. Ces variations ne sont pas dues à l'oxygénation inégale des cultures, et nous n'avons pas pu nous en rendre maître. Si l'on prend pour critère de la croissance résiduelle le nombre de divisions cellulaires ou la formation des formes filamenteuses, on constate des variations du même ordre. En outre les bactéries qui ont présenté la

---

([4]) P. Schaeffer, *Comptes Rendus*, **231**, 1950, p. 381.

([5]) B. Ephrussi et P. Slonimski, *Biochim. Biophys. Acta*, 6, 1950, p. 246.

([6]) Les culots bactériens normaux sont de couleur crème, ceux des bactéries carencées, blanc-craie.

croissance résiduelle la plus longue ne sont pas nécessairement les plus pauvres en cytochromes. Enfin, l'examen des bactéries carencées n'a jamais révélé de bandes qui n'existent pas chez les témoins.

Les variations décrites n'en permettent pas moins de conclure que, *lorsque B. cereus exigeant en streptomycine est privé de cet antibiotique, il s'appauvrit en cytochromes et que cet appauvrissement est plus marqué pour le cytochrome c que pour les cytochromes a et b.* Il en est tout autrement pour les cultures de *B. cereus* qui n'exigent pas la streptomycine. L'arrêt de la croissance n'est pas suivi de la diminution de la teneur en cytochromes. Si l'on admet que la streptomycine est nécessaire à la biosynthèse de certains cytochromes chez les organismes exigeant cet antibiotique, on est conduit à se demander s'il intervient dans la formation de la copule protéique ou dans celle du groupement prosthétique. Il est possible aussi que la déviation du métabolisme des cytochromes soit la conséquence d'une altération beaucoup plus générale et il est intéressant de noter à ce propos que les cytochromes sont vraisemblablement liés à des particules cytoplasmiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre le développement abortif du prophage chez* Bacillus megatherium 91 (1) *et la synthèse de l'acide désoxyribonucléique* [1]. Note de M. **Louis Siminovitch**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'irradiation de la souche lysogène 91(1) de *Bacillus megatherium* entraîne le développement du prophage et la lyse bactérienne. Il n'apparaît pas de particules infectieuses. Ce développement abortif est lié à un défaut de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique.

Bacillus megatherium 91 (1) lysogène, soumis à un rayonnement ultraviolet, se lyse sans libérer de bactériophages. La lyse est due au développement abortif du probactériophage [2]. En quoi ce développement abortif diffère-t-il du développement normal ? On devait tout naturellement envisager l'hypothèse d'un trouble du métabolisme de l'acide désoxyribonucléique (ADRN). Nous avons donc suivi l'évolution de l'ADRN après induction.

Une culture en voie de croissance exponentielle est irradiée (2 000 ergs : mm^2), puis agitée dans un bain-marie à 27°. On dose l'ADRN à intervalles réguliers; les dosages sont effectués en double [3]. Les résultats sont exprimés par la figure 1. On a représenté également, pour faciliter la

---

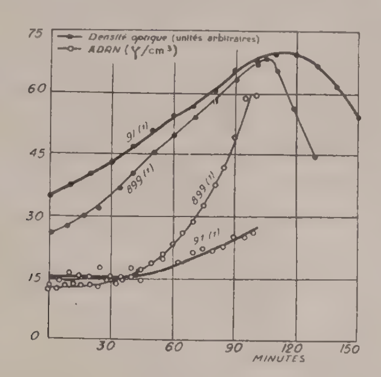
[1] Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

[2] A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1397.

[3] L. Siminovitch et S. Rapkine, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1603.

comparaison, les phénomènes qui se déroulent chez *B.m.* 899 (1) induit.

On voit que les courbes de croissance de 91 (1) et de 899 (1) sont sensiblement parallèles. Durant la première période de la phase latente, il n'y a d'augmentation de l'ADRN ni chez 91 (1), ni chez 899 (1). Mais, durant la deuxième période, de l'ADRN est synthétisé rapidement chez 899 (1) alors que chez 91 (1) cette synthèse est très lente. Rappelons que 899 (1), induit se comporte en ce qui concerne la synthèse de l'ADRN comme *E. coli* infecté ([3]), ([4]). Mais chez 899 (1), les synthèses bactériennes, en particulier celle de l'acide ribonucléique, continuent durant la phase latente ([3]). Rappelons aussi que chez *B. megatherium* M, non lysogène, une dose d'ultraviolet qui serait inductrice pour une souche lysogène est sans effet sur la synthèse de l'ADRN ([5]). Une digression est ici nécessaire.



On est en droit de se demander si 91 (1) ne produirait pas un phage autre que le phage 1 et que nous ne pourrions détecter. A l'encontre de cette hypothèse, nous invoquons les arguments suivants : 1° notre souche détectrice M est sensible à tous les phages connus de *B. megatherium*; 2° l'examen au microscope électronique montre de nombreux phages dans les lysats de 899 (1); dans les mêmes conditions, on ne voit pas de phages dans les lysats de 91 (1) (examen effectué par E. et G. Kellenberger); 3° le défaut de synthèse de l'ADRN rend très improbable une production de bactériophages riches, comme on le sait, en ADRN ([6]). Nous admettrons donc que 91 (1) irradié ne produit pas de bactériophages. Mais la lyse est cependant liée à l'induction du développement du prophage (1). Quelle peut donc être la phase du développement abortif responsable de la lyse bactérienne?

On sait depuis l'observation d'Andrews et Elford ([7]) que des bacté-

---

([4]) S. S. Cohen, *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 281.

([5]) L. Siminovitch et S. Rapkine (en préparation).

([6]) S. S. Cohen et T. F. Anderson, *J. Exp. Med.*, 84, 1946, p. 511.

([7]) *Brit. J. Exp. Path.*, 13, 1932, p. 13.

riophages peuvent pénétrer dans une bactérie et la tuer sans que de nouveaux phages soient formés. De nombreuses observations analogues ont été rapportées. Elles ne pourront être utilement discutées que lorsque les facteurs en jeu auront été analysés. Mais la comparaison de *B. m.* 91 (1) avec *E. coli* ML est suggestive. Chez *E. coli* ML, l'irradiation provoque le déclenchement de la synthèse d'une colicine qui est libérée par la lyse bactérienne [8]. Il semble enfin que chez *E. coli* B infecté par un phage virulent, la synthèse des protéines du phage commence dès la pénétration du phage [4]. L'hypothèse peut donc être envisagée que le processus létal déclenché chez 91 (1) irradié et que nous savons être lié à la présence du prophage, correspond à la synthèse de la partie protidique du phage. Quoi qu'il en soit de la nature du processus qui se déroule chez 91 (1) irradié, nous savons que la synthèse de l'ADRN est totalement inhibée durant la première période de la phase latente. Cette inhibition apparaît ainsi comme le corollaire du déclenchement de la première phase du développement du prophage, que celui-ci soit abortif ou non.

Le développement abortif induit du prophage qui provoque la lyse de *B. megatherium* 91 (1) est en tout cas lié à un défaut de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique durant la deuxième période de la phase latente.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques du mannose et du sorbose comme source de carbone pour diverses bactéries* [1]. Note de M. **Jacques Nicolle**, Mlle **Yvonne Joyeux** et M. **Évanguélos Baltazzi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A. 1. Nous avons étudié la croissance de 13 espèces bactériennes, dans notre milieu synthétique habituel [2], contenant comme seule source de carbone l'un ou l'autre des antipodes optiques du mannose [3].

Les 9 espèces suivantes : *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia Coli*, *Salmonella enteritidis Gærtner*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriæ*, *Salmonella paratyphi* B., *Klebsiella pneumoniæ*, ont utilisé les deux isomères, mais avec des vitesses différentes, le $d\,(+)$ mannose (forme naturelle) donnant lieu à une croissance plus rapide. Par contre, aucune croissance n'a été observée avec : *Proteus vulgaris*, *Salmonella paratyphi* A., *Proteus Morganii*, *Pseudomonas æruginosa*.

---

(8) F. Jacob, L. Siminovitch et E. Wollman, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1500.

(1) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(2) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, **67**, 1941, p. 177.

(3) J. C. Sowden, *J. Biol. Chem.*, **180**, 1949, p. 55.

2. Nous donnons ici les courbes de croissance, d'une souche de *Salmonella typhimurium*, obtenues à la suite de lectures effectuées au moyen de l'appareil de Colmann.

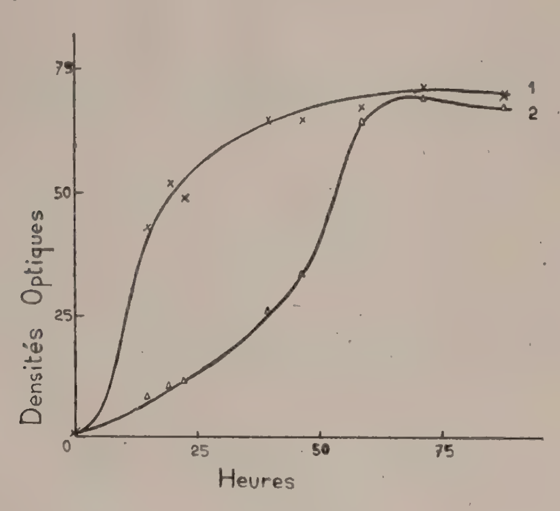


Fig. 1. — 1 — *d* (+) mannose; 2 — *l* (—) mannose.

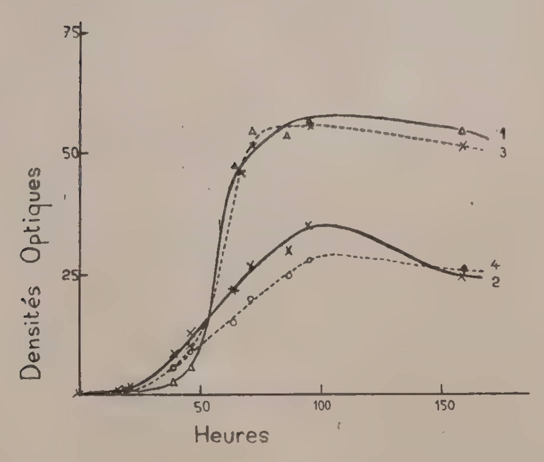


Fig. 2. — *Escherichia Coli*-1 — *l* (—) sorbose; 2 — *d* (+) sorbose; *Salmonella typhimurium* 3 — *l* (—) sorbose; 4 — *d* (+) sorbose.

B. Pour l'étude des antipodes optiques du sorbose, nous présentons les résultats concernant *Salmonella typhimurium* et *Escherichia Coli* dans les mêmes conditions que celles figurant au titre A 2. Nous n'avons pu poursuivre ce travail sur d'autres souches en raison de la faible quantité de *d* (+) sorbose que nous possédions.

Conclusion. — Les résultats que nous présentons ici pour un aldohexose et pour un cetohexose sont comparables à ceux déjà signalés par nous

concernant l'arabinose ([4]), ([5]). Dans tous les cas, où les espèces bactériennes ont utilisé les deux antipodes d'un même ose, la croissance a toujours été plus rapide avec l'antipode naturel.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'action de la cortisone chez des animaux traités par une endotoxine bactérienne.* Note de M. **Albert Delaunay** et M[me] **Jacqueline Lebrun**, transmise par M. Gaston Ramon.

Le traitement de la fièvre typhoïde par la chloromycétine est devenu d'une pratique courante et, en règle générale, il conduit à de bons résultats. Malheureusement, il est parfois mal toléré et il entraîne alors des accidents.

Dans un article récent, J. Reilly et ses collaborateurs ([1]) ont pu prétendre, à notre avis avec raison, que ces accidents étaient provoqués le plus souvent par une brusque libération d'endotoxine typhique.

Peut-on lutter contre cette intoxication brutale ? Des auteurs américains ([2]) viennent d'avoir l'idée d'associer, chez les malades, à la thérapeutique par la chloromycétine, des injections de cortisone.

En quelle mesure cette prescription est-elle justifiée sur le plan biologique ? C'est ce que nous avons essayé de savoir par toute une série d'expériences dont voici, sommairement exposés, les résultats.

1° *Effets produits par des injections de cortisone* ([3]) *chez des souris normales traitées par l'endotoxine typhique* ([4]). — 12 souris blanches (20 g) reçoivent par voie intrapéritonéale, le 31 mai à 17 h et le 1[er] juin à 10 h, 1 mg de cortisone. Le 1[er] juin à 14 h, elles reçoivent par voie intraveineuse, en même temps que 12 souris témoins, 0,5 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/10 dans l'eau physiologique.

A 16 h (le même jour), 2 souris témoins succombent puis, à 18 h, 2 souris traitées par la cortisone. L'état général des animaux traités par l'hormone paraît être, dans l'ensemble, nettement meilleur que celui des témoins.

Le 2 juin à 9 h, sont relevés trois nouveaux morts dans le lot témoin.

Le 4 juin à 9 h, un mort dans l'autre lot.

Au total, en trois jours, 41 % de morts parmi les souris témoins, 25 % seulement parmi les animaux qui ont reçu la cortisone.

([4]) J. Nicolle, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 482.

([5]) J. Nicolle et M[lle] Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1390.

([1]) J. Reilly, A. Compagnon, P. Tournier, R. Bastin et H. du Buit, *Ann. Méd.*, 51, 1950, p. 597.

([2]) J. E. Smadel, H. L. Ley, jr. et F. H. Dierck, *Ann. Int. Méd.*, 34, 1951, p. 1; T. E. Woodward, H. E. Hall, R. Dias-Rivera, J. A. Hightower, E. Martinez et B. T. Parker, *Ann. Int. Med.*, 34, 1951, p. 10.

([3]) « Cortone » Merck.

([4]) Solution d'endotoxine préparée par la méthode à l'acide trichloracétique de A. Boivin. Elle renfermait 2 mg de poison par centimètre cube.

2° *Effets produits par des injections de cortisone chez des souris surrénalectomisées, puis traitées par l'endotoxine typhique.* — 25 souris sont surrénalectomisées le 28 mai. Dix de ces animaux reçoivent, le 29 mai à 17 h et le 30 mai à 10 h, 1 mg de cortisone (injection intrapéritonéale).

Le 30 mai, à 14 h, est injecté par voie intraveineuse chez tous ces animaux, 0,5 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/20.

A 18 h (même jour), on relève 11 morts dans le lot témoin et seulement un mort dans le lot des animaux traités par l'hormone.

29 h après l'injection d'endotoxine, toutes les souris témoins ont sucombé. Restent quatre survivants dans l'autre lot.

Il nous a paru intéressant de compléter ces premiers résultats par de nouvelles expériences où, cette fois, serait mise en œuvre l'ACTH.

3. *Effets produits par des injections d'*ACTH *chez des souris normales, traitées par l'endotoxine typhique.* — Le 13 juin 1951, à 10 h et à 15 h 15, 9 souris reçoivent, en injection intrapéritonéale, 0,5 mg d'ACTH. Les mêmes animaux et 5 souris témoins sont traités à 15 h 30 par 1 cm³ de notre solution d'endotoxine diluée au 1/5.

A 17 h 30, les souris témoins semblent toutes plus malades que les animaux qui ont reçu l'hormone.

Le 14 juin, à 8 h, toutes les souris témoins sont mortes. Sur les souris traitées par la cortisone, deux survivent encore. L'une succombera le même jour, à 14 h. L'autre aura définitivement la vie sauve.

4. *Effets produits par des injections d'*ACTH *chez des souris surrénalectomisées, puis traitées par l'endotoxine typhique.* — 15 souris sont surrénalectomisées le 11 juin. Dix reçoivent une injection intrapéritonéale d'ACTH (0,5 mg), à 11 h, puis une autre injection à 15 h 15.

Injection intraveineuse d'endotoxine (0,5 cm³ de notre solution diluée au 1/10) chez tous les animaux, à 15 h 30.

Dix-huit heures plus tard, on ne retrouve dans l'un et l'autre lot, aucun survivant.

Conclusions. — 1. Cortisone et ACTH sont capables de protéger des souris *normales* contre l'intoxication provoquée par l'endotoxine typhique. Leur action est faible, mais indiscutable. Ces observations méritent d'être rapprochées de celles faites récemment par L. Chedid et ses collaborateurs (5).

2. L'effet protecteur exercé, en ce cas, par la cortisone, devient très net chez les animaux *surrénalectomisés*. Or, on sait qu'il est fréquent d'observer, chez les typhiques, des signes d'insuffisance surrénale. Pour cette raison, nous estimons que l'emploi de la cortisone est probablement justifié en clinique humaine.

3. Dans un travail antérieur (6), nous avions montré qu'une autre hormone cortico-surrénale : la *II-déhydrocorticostérone*, était également en mesure de protéger les souris surrénalectomisées contre l'intoxication

---

(5) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 713.

(6) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1669.

typhique. Toutefois, cette action, de bienfaisante, devenait plutôt néfaste chez les souris non surrénalectomisées. Nous n'avons pas retrouvé de faits du même ordre en utilisant l'ACTH ou la cortisone.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la streptomycino-resistance d'un bacille tuberculeux de type aviaire au cours de la tuberculose spontanée de la Poule.* Note de MM. **Noël Rist**, **Jean Verge**, **Laurent Cauchy** et **Charles Labie**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nombreuses sont, à l'heure actuelle, les recherches effectuées en France et à l'étranger, qui montrent que le bacille tuberculeux de type humain est capable de se défendre, *in vitro* et *in vivo*, contre l'action bactériostatique et bactéricide de la streptomycine ou de la dihydro-streptomycine.

A la faveur d'une trop brève série de recherches sur le traitement de la tuberculose spontanée des volailles par la dihydrostreptomycine, utilisée seule ou en association avec certaine sulfone, la cimédone, nous nous sommes efforcés de reconnaître si le bacille tuberculeux de type aviaire était à son tour susceptible de conquérir une résistance plus ou moins accusée à l'égard des antibiotes précédents.

En 1946, Youmans et Feldman ([1]) montrent déjà que la majorité des souches humaines et bovines de bacille tuberculeux sont inhibées grâce à l'addition de moins de 1 γ de streptomycine par centimètre cube du milieu de culture. En revanche, les variétés aviaires sont plus résistantes à l'action bactériostatique de l'antibiote et certaines, pour prévenir leur développement, requièrent 25 à 50 γ de streptomycine par centimètre cube du milieu.

L'année suivante, Youmans et Karlson ([2]) confirment les notions précédentes et rapportent que souches humaines et bovines témoignent en général d'une grande sensibilité *in vitro* à la streptomycine : moins de 2 γ : cm^3 du milieu de culture. Les souches aviaires sont beaucoup plus résistantes.

Middlebrock et Yegian ([1]) étudient également certaines actions de la streptomycine sur le type humain du bacille de Koch, cultivé en milieu liquide synthétique de Dubos et Davis. Fraîchement isolé, le germe est très réceptif.

Grumbach, Mousset et Boyer ([2]) établissent que, pour leur souche aviaire, 4 γ de streptomycine inhibent son développement dans 10 cm^3 de milieu de culture.

([1]) *J. Bactério.*, **51**, 1946, p. 608.
([2]) *Amer. R. Turberculosis*, **55**, 1947, p. 529.
([1]) *Amer. R. Tuberculosis*, **54**, 1946, p. 553.
([2]) *A. L. P.*, **72**, 1947, p. 929.

Chambon ([3]) en 1950 signale à son tour que la sensibilité de *Mycobacterium tuberculosis* diffère selon les variétés : 0,15 à 1 γ : cm³ pour les types humains et bovins; 10-50 γ : cm³ pour le type aviaire.

Dans les reherches que nous avons entreprises sur le traitement des tuberculoses aviaires, la dihydrostreptomycine était utilisée chez la poule par voie musculaire, à la dose quotidienne de 20 centigrammes en solution dans l'eau distillée. Ce traitement fut poursuivi pendant deux périodes de 20 jours, séparées par un repos de trois semaines. Quatre poules authentiquement tuberculeuses, furent traitées : deux étaient atteintes de tuberculose clinique; deux, sans présenter de signes apparents autres qu'un amaigrissement fâcheux, manifestaient une réaction allergique nettement positive à la tuberculine. Enfin, deux poules, à tuberculose cachectisante, furent conservées à titre de témoins.

Deux souches tuberculeuses de type aviaire furent isolées à la mort d'une poule témoin et d'une poule traitée, mais ayant succombé à une infection pestique intercurrente. La résistance de ces deux souches à l'égard de la streptomycine d'une part, de l'acide para-aminosalicylique (P. A. S.) d'autre part, fut recherchée à la fois en milieu de Dubos et en milieu de Youmans.

1° La sensibilité au P. A. S. est identique pour les deux souches : l'acide para-aminosalicylique ne témoigne d'aucune action jusqu'à la dose de 45 γ : cm³ de culture.

II. La sensibilité à la streptomycine ne présente également aucune différence. Voici, condensées en un tableau facile à interpréter et exprimées en gammas par centimètre cube, les doses inhibitrices de streptomycine qui empêchent, dans les milieux de culture appropriés, l'apparition d'un trouble visible à l'œil nu

		Souche provenant de la poule	
		Témoin.	Traitées.
Milieu de Youmans.	5e jour	2 gammas	2 gammas
	9e »	5 »	5 »
	17e »	10 »	10 »
Milieu de Dubos.	5e jour	10 gammas	10 gammas
	9e »	25 »	25 »
	17e »	100 »	50 »

En résumé et dans le cadre de nos essais, la dihydrostreptomycine, utilisée en synergie avec une sulfone pour le traitement de la tuberculose spontanée des volailles, ne paraît conférer au bacille tuberculeux de type aviaire aucune résistance particulière à l'égard de l'antibiote.

([3]) *Chimiothérapie des maladies à bacilles acido-résistants*, Paris, 1950.

MICROBIOLOGIE. — *Systèmes inductibles et non inductibles chez* Bacillus megatherium *lysogène* (1). Note de Mlle **Hélène Ionesco**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il existe chez *Bacillus megatherium* des systèmes lysogènes inductibles et non inductibles par le rayonnement ultra violet. Les conditions nécessaires au développement du prophage **1** en phage sont réalisées, après irradiation, chez les souches 899 (1), M (1) et **17** (**2**) (1). Les conditions nécessaires au développement du prophage **2** ne sont réalisées ni chez **17** (**2**), ni chez M (**2**). Le développement des divers prophages est donc contrôlé par des facteurs spécifiques.

Bacillus megatherium 899 (1) (2) irradié par un rayonnement ultraviolet produit des bactériophages. L'inductibilité est-elle liée à une propriété des bactéries ou bien des prophages ? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons étudié différents bactériophages et différentes souches lysogènes naturelles ou artificielles. Rappelons que les souches détectrices, sensibles à un phage donné, renferment des bactéries « immunes » qui, infectées, donnent des systèmes lysogènes pouvant produire le phage considéré.

Nous avons étudié une souche de *B. m.* 17 (2) lysogène provenant d'un lac bitumeux de l'île de Trinidad et que nous devons à Mlle B. Delaporte. Cette souche produit spontanément un phage que nous désignerons par 2 et qui est actif sur la souche M. Les plages produites sont notablement plus petites, 0,5 à 1 mm, que celles dues au phage 1 qui ont de 2 à 3 mm de diamètre. Ajoutons que les souches 17 (2) et M (2), on dira plus loin l'origine de celle-ci, sont sensibles au phage 1.

Dans une culture en voie de croissance exponentielle de 17 (2) en milieu levuré, il y a en moyenne 1 phage pour 2 000 bactéries. Si l'on admet que chacune des bactéries productrices libère 100 phages, le rapport 1/2 000 correspond à la production spontanée de phages par une bactérie sur 200000.

La bactérie 17 (2) est-elle inductible ? Une culture en voie de croissance exponentielle en milieu levuré caséine (3) est irradiée dans les conditions habituelles sous 2 mm d'épaisseur dans une boîte de Petri agitée, à raison de 500, 1000, 2 000, 4 000 ergs : mm^2. Les cultures sont ensuite suivies à l'électrophotomètre. Avec les doses fortes on observe une diminution de la vitesse de croissance. Dans aucun cas nous n'avons décelé de lyse bactérienne. De plus, le nombre de bactériophages présents dans

---

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

(2) Le chiffre entre parenthèses correspond à l'indicatif du phage produit par la bactérie lysogène.

(3) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815.

la culture entre la 60[e] et la 120[e] mn après l'irradiation est le même que dans les cultures témoins non irradiées. Le rayonnement ultraviolet ne déclanche donc pas le développement du prophage 2 dans la bactérie 17 (2). Comment se comporte ce phage 2 chez la bactérie M ? Nous avons mis en contact cette bactérie et le phage 2 et isolé des souches lysogènes que nous appellerons M (2). Pas plus que 17 (2), M (2) n'est induit par le rayonnement ultraviolet. Enfin, ni 17 (2), ni M (2) ne sont induites par l'acide thiomalique dans les conditions où cette substance induit le développement du phage 1 chez 899 (1) ([4]).

Le défaut d'inductibilité est-il dû à la nature du prophage ou bien à celle de la bactérie ? On sait que les souches 899 (1) et M (1) sont inductibles. Le phage 1 a été mis en contact avec la souche 17 (2), sensible, et l'on a isolé des mutants immuns. Ceux-ci produisent spontanément un phage actif sur M, M (2) et 17 (2), inactif sur M (1) et qui est apparemment identique au phage 1.

Souches lysogènes.	Le phage produit est actif sur	Phage produit, spontanément, ou dans les systèmes inductibles, après induction.	Inductibilité.
899 (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
M (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
17 (2) (1)	M, M (2), 17 (2)	1	+
17 (2)	M	2	o
M (2)	M	2	o

On trouve environ un phage 1 pour 10 bactéries durant la phase de croissance exponentielle. Il ne nous a pas été possible de savoir si cette souche, que nous appellerons 17 (2) (1) continuait ou non à produire des phages 2. La souche 17 (2) (1), irradiée, après une période latente de 45 à 50 mn au cours de laquelle on observe la classique croissance bactérienne résiduelle ([2]), se lyse en libérant de 80 à 100 phages 1 par bactérie disparue.

Nous voyons donc que le développement du prophage 1 en phage est induit dans les systèmes 899 (1), M (1) et 17 (2), (1). Le développement du prophage 2 au contraire n'est induit ni dans 17 (2), ni dans M (2). Le système M (1) est donc inductible alors que le système M (2) ne l'est pas. Le développement du prophage 2 dans le système 17 (2) n'est pas induit par l'ultraviolet alors que le développement du prophage 1 dans le système 17 (2), (1) est induit. Ces résultats, qui sont résumés dans le tableau ci-dessus, montrent que l'inductibilité dépend de la nature du prophage. Ceci ne veut pas dire que l'effet primaire du rayonnement inducteur porte

---

([4]) A. Lwoff et L. Siminovitch, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1146.

sur le prophage lui-même. Il reste en effet possible que les bactéries jouent un rôle essentiel dans la réalisation des conditions nécessaires pour le développement du prophage.

Quoi qu'il en soit du rôle respectif des bactéries et du prophage dans l'induction, il apparaît nettement que le développement de chacun des prophages 1 et 2 est gouverné par des facteurs spécifiques.

VIROLOGIE. — *Comportement du virus de la chorioméningite chez la Lapine en gestation.* Note de MM. **Georges Blanc** et **Jean Bruneau**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus de la chorioméningite n'a pas d'action pathogène sur le lapin ni sur l'embryon à partir du douzième jour de son évolution mais avant cette date et particulièrement du septième au dixième jour, lorsque l'œuf est accolé à la paroi de la corne utérine il provoque une réaction inflammatoire avec arrêt de l'évolution de l'œuf.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que le virus de la pneumopathie du cobaye, dont nous avons pu établir l'identité avec celui de la chorioméningite [2], avait une action d'arrêt sur l'évolution de l'embryon chez la lapine gravide si celle-ci était inoculée pendant les quinze premiers jours de la gestation; passé ce délai l'embryon arrivait à terme bien que souvent porteur de virus.

Nous avions alors expliqué le fait en supposant que le virus de la chorioméningite avait une action léthale sur l'embryon jeune mais que passé un certain stade celui-ci n'était plus réceptif. Cette explication, qui était surtout une constatation, ne nous ayant pas paru très satisfaisante nous avons cherché à préciser le mécanisme de l'action du virus de chorioméningite chez la lapine, au cours de l'évolution de la gestation.

Technique. — Des lapines fécondées (le jour et l'heure de la fécondation étant soigneusement notés) sont inoculées avec du virus de chorioméningite d'origine humaine [3] ou animale [4]. Comme précédemment ces inoculations sont faites à diverses étapes de la gestation. Le virus est constitué par du sang de cobaye infecté, laqué dans de l'eau distillée à raison de 1 cm^3 de sang pour 99 cm^3 d'eau. La dose inoculée est de 2 cm^3. L'injection est faite par voie intramusculaire, à la cuisse. Pour suivre l'évolution de la réaction provoquée par le virus une laparatomie exploratrice est faite au moment de l'inoculation, elle permet de juger de l'état de gravidité et de prélever un embryon pour examen histologique.

Après un laps de temps qui varie généralement de 4 à 6 jours après l'inocu-

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1716.

(2) G. Blanc, J. Bruneau, B. Delage et R. Poitrot, *Bull. Acad. Méd.*, 135, 1951, p. 255.

(3) Souche WE que nous a envoyée le docteur Smadel de Washington.

(4) Souche isolée par nous du cobaye.

lation, une nouvelle laparatomie est faite ainsi qu'un nouveau prélèvement d'embryon; cependant que des cobayes sont inoculés avec du sang de la lapine et d'autres avec la suspension en eau physiologique des tissus broyés d'un embryon.

Résultats. — Nos expériences seront exposées en détail dans une publication ultérieure. Nous n'en donnerons ici que le résumé : Lorsque la lapine gravide est inoculée du premier au dixième jour de la gestation, le virus se développe dans le tissu embryonnaire et particulièrement du septième au dixième jour, lorsque l'œuf est accolé à la paroi de la corne utérine. Il provoque une intense réaction fibreuse de la paroi utérine et une infiltration cellulaire des franges avec mort de l'embryon.

A cette période on observe, lorsque le prélèvement est fait 4 jours après l'inoculation, que l'œuf est augmenté de volume. Mais dans cet œuf il n'y a plus d'embryon, il n'y a plus qu'une masse réactionnelle. Plus tard cette masse se résorbe progressivement et disparaît en 4 à 6 jours.

Le tissu de nouvelle formation est toujours virulent, il arrive même qu'il le soit plus que le sang circulant.

A partir du dixième jour le virus n'a plus aucune action sur l'embryon, de même qu'il n'a plus d'action sur la corne utérine et pourtant il se retrouve dans l'embryon, qui continuera son évolution normale, et également dans la corne, qui cependant ne réagit pas, de même que ne réagit pas la corne d'une lapine infectée mais non fécondée.

Interprétation des faits. — Le virus de la chorioméningite n'a pas d'action pathogène directe sur la lapine ou sur l'embryon libre, mais il cultive sur le tissu embryonnaire de l'œuf fixé à la corne. Il provoque dans ce tissu une intense réaction inflammatoire. Il y aura lieu de préciser si cette réaction précède ou suit la mort de l'embryon.

En résumé un virus non pathogène pour une espèce animale peut cultiver dans les tissus embryonnaires au début de la gestation, provoquer dans ces tissus des réactions inflammatoires et avoir une action léthale sur l'embryon. Il est probable que ces phénomènes, que nous avons mis en évidence chez le Lapin avec le virus de la chorioméningite, ont une extension plus générale qu'il y aura lieu de chercher à dépister sur d'autres espèces animales et avec d'autres virus.

PATHOLOGIE VÉTÉRINAIRE. — *Recherches sur le diagnostic allergique de la morve équine en Iran, par les extraits de bacille de Whitmore et de bacille pyocyanique.* Note de M. **Soleyman Deyhimi**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le diagnostic allergique de la morve met en œuvre la malléine, utilisée sous diverses formes (brute, diluée, en tablettes, etc.) et par les voies les plus variées (sous-cutanée, intradermique, muqueuse). Nous inspirant des

conceptions de Legroux [1] et des autres auteurs, qui associent, dans un même groupement, *Malleomyces mallei*, *Malleomyces pseudo-mallei* et *Pseudomonas æruginosa*, nous avons, en Perse, essayé de substituer à la malléine, des extraits glycérinés, préparés de façon identique, à partir du bacille de Whitmore ou du bacille pyocyanique.

La malléine est obtenue par ensemencement de souches morveuses isolées en Iran et reconnues entièrement pathogènes pour le cobaye. Leur virulence correspond à l'apparition du signe de Straus en trois jours et à la mort du cobaye onze jours après l'inoculation intrapéritonéale de 2 milliards de germes.

La « whitmorine » dérive d'une souche provenant de l'Institut Pasteur de Paris et entretenue à la Faculté vétérinaire de Téhéran. Son emploi est inspiré des travaux de Verge [2].

La « pyocyanine » est fabriquée au moyen, soit d'une souche iranienne de *Pseudomonas æruginosa*, soit d'une souche de l'Institut Pasteur de Paris. Son obtention reproduit fidèlement la technique standard de préparation de la malléine. Toutefois, les bouillons glycérinés de bacille pyocyanique s'épaississent volontiers et peuvent même se prendre en gelée; ils filtrent très difficilement sur papier. Le filtrat ainsi obtenu est concentré au 1/10 et utilisé à la dose de 1/10 de centimètre cube de la solution au 1/4.

Nous avons employé conjointement : malléine, whitmorine et pyocyanine pour la recherche de la morve (clinique ou latente) dans différents effectifs iraniens, où la maladie sévit depuis de longues années avec une alarmante intensité. C'est ainsi qu'en certaines régions de la Perse, les malléinations réalisées par les vétérinaires militaires ont décelé une moyenne de 10 à 20 % de sujets présentant une réaction allergique positive.

La morve a été mise en évidence, chez nos chevaux en expérience, soit par un examen clinique approfondi, soit par l'épreuve allergique comportant une injection intradermopalpébrale suivie d'une injection sous-cutanée. Il va sans dire que nous n'avons retenu, pour expérimenter la valeur diagnostique de la whitmorine et de la pyocyanine, que les sujets atteints de morve clinique ou ayant présenté une double réaction positive aux deux sollicitations successives de malléine.

1. *Épreuves à la pyocyanine.* — Deux « pyocyanines » ont été utilisées, l'une préparée à partir des souches locales iraniennes, l'autre au moyen de la souche pastorienne. La pyocyanine provenant de la souche pastorienne n'a produit aucune réaction sur les chevaux réagissant à la malléine. Par contre, des réactions superposables à celle de la malléine ont été observées généralement après l'injection de pyocyanine d'origine iranienne.

---

(1) R. Legroux et Blanc, *Ann. Inst. Pasteur*, 69, 1943, p. 491.

(2) J. Verge et Pairemaure, *Rev. Gén. Méd. Vét.*, 39, 1930, p. 17.

Vingt chevaux réagissants, atteints de morve occulte, sont injectés au niveau de la paupière inférieure avec cet extrait pyocyanique. La réaction locale observée rappelle étrangement la réaction à la malléine dans son apparition, son développement, son intensité et sa régression. Des témoins ne présentent aucune réaction.

2. *Épreuves à la whitmorine.* — Les chevaux 83, 129, 182 et 328, présentant depuis longtemps déjà, et tout récemment encore, une réaction positive à la malléine, sont inoculés de whitmorine au niveau de la paupière inférieure. Après 24 h, on constate, sur chaque animal, un œdème très accusé, chaud et sensible, constituant un cercle de près de 10 cm de rayon autour de l'œil inoculé et débordant nettement sur le chanfrein. L'œil demeure complètement clos pendant trois jours avec un muco-pus abondant collecté à l'angle interne. Après 72 h, l'animal entr'ouvre les paupières avec encore beaucoup de difficultés. Après cinq jours, l'œdème, qui tend cependant à disparaître, demeure toujours très sensible.

Deux chevaux sains témoins, non réagissant à la malléination intradermique, ne donnent aucune réaction à la whitmorine.

En revanche, plusieurs animaux : 15, 370, 404 et 424 ayant montré une ou plusieurs réactions douteuses à l'égard de la malléine, manifestent une réaction positive, plus ou moins intense, avec la whitmorine.

3. *Épreuves associées pyocyanine et whitmorine.* — On choisit deux lots de chevaux : l'un sain, comprenant trois sujets; l'autre composé de sept animaux infectés de morve et ayant présenté quelques jours plus tôt une réaction positive à la malléine. Tous ces animaux reçoivent au niveau de la paupière inférieure, à droite la pyocyanine, à gauche la whitmorine.

Aucun témoin n'apparaît sensible. En revanche, tous les sujets à morve occulte montrent une réaction très nettement positive, mais d'intensité variable suivant l'antigène : moins forte dans les cas de la pyocyanine, plus intense même qu'avec la malléine pour la whitmorine.

Conclusions. — Ainsi, dans les conditions de ces recherches, il semble que les propriétés révélatrices de certains extraits glycérinés : whitmorine et pyocyanine, soient comparables à celles que manifeste la malléine en matière de morve des Équidés.

A 16 h 15 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 mn.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 10 septembre 1951.)

Note présentée le 27 août 1951, de M. *Gustavo Colonnetti*, L'équilibre élasto-plastique dans le temps :

Page 593, 22e ligne, *au lieu de* indépendance, *lire* dépendance.

(*Comptes rendus* du 5 novembre 1951.)

Note présentée le 22 octobre 1951, de MM. *Maurice Buyle-Bodin* et *Daniel Dautreppe*, Résonance quadrupolaire Cl^{35} et Cl^{37} dans p-$C_6H_4Cl_2$:

Page 1101, 23e ligne, *supprimer* le rappel (1).
» » 32e ligne, *au lieu de* (3), *lire* (1).
» » en bas de page, note (1), *supprimer les mots* par MM. Jacquinot et Barbaron.

Note présentée le même jour, de MM. *Fernand Caujolle*, *Édouard Stanislas* et Mlle *Georgette Bergal*, Sur l'absorption du S-gaïazulène par le *Lupinus albus* L. :

Page 1134, 7e ligne en remontant, *au lieu de* 1° Localisation des plantules, *lire* 1° Développement des plantules.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-TROISIÈME.